



SKRIPSI - ME141501

***MAINTENANCE TASK ALLOCATION AND PLANNING PADA
TUGBOAT KT. X DENGAN METODE RELIABILITY
CENTERED MAINTENANCE***

Apriagung Diantana P.
NRP 4213 100 088

Dosen Pembimbing
Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.
Ir. Dwi Priyanta, M.SE

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017



SKRIPSI - ME 141501

***MAINTENANCE TASK ALLOCATION AND PLANNING PADA
TUGBOAT KT. X DENGAN METODE RELIABILITY
CENTERED MAINTENANCE***

APRIAGUNG DIANTANA P.
NRP 4213 100 088

Dosen Pembimbing
Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.
Ir. Dwi Priyanta, M.SE

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

Halaman ini sengaja dikosongkan



FINAL PROJECT - ME 141501

MAINTENANCE TASK ALLOCATION AND PLANNING IN KT. X TUGBOAT USING RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE METHOD

**APRIAGUNG DIANTANA P.
NRP 4213 100 088**

Supervisors

Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.

Ir. Dwi Priyanta, M.SE

**DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**

This page is intentionally left blank

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN

MAINTENANCE TASK ALLOCATION AND PLANNING PADA TUGBOAT KT. X DENGAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi *Marine Operation and Maintenance* (MOM)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

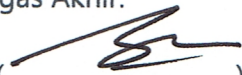
Oleh:

APRIAGUNG DIANTANA P.

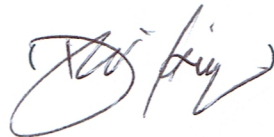
NRP 4213 100 088

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.

()

Ir. Dwi Priyanta, M.SE

()

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

MAINTENANCE TASK ALLOCATION AND PLANNING PADA TUGBOAT KT. X DENGAN METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE*

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi *Marine Operation and Maintenance* (MOM)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

APRIAGUNG DIANTANA P.

NRP 4213 100 088

Disetujui oleh Kepala Departemen
Teknik Sistem Perkapalan:



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.
NIP. 197708022008011007

Halaman ini sengaja dikosongkan

ABSTRAK

**MAINTENANCE TASK ALLOCATION AND PLANNING
PADA TUGBOAT KT. X DENGAN METODE RELIABILITY CENTERED
MAINTENANCE**

Nama Mahasiswa : Apriagung Diantana P.
NRP : 4213100088
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing :
1. Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.
2. Ir. Dwi Priyanta, M.SE

Abstrak

Reliability Centered Maintenance (RCM) merupakan salah satu proses yang dijalankan dalam menentukan tindakan yang seharusnya dilakukan untuk menjamin setiap komponen fisik atau suatu sistem dapat berjalan secara optimal sesuai dengan fungsi yang diinginkan oleh penggunanya. RCM menjalankan prinsip manajemen resiko dari kegagalan komponen sehingga tipe perawatan dapat ditentukan dengan tepat. Dengan menggunakan tipe perawatan yang tepat, maka kegagalan yang mungkin terjadi dapat terdeteksi dan dicegah sejak awal. Penggunaan yang tepat pada RCM, mampu memberikan dampak pada penghematan biaya, baik biaya perawatan maupun biaya perbaikan akibat terjadinya kegagalan.

Dalam penelitian ini, komponen yang menjadi objek penelitian adalah *main engine* dari tugboat KT.X milik PT. Pelindo Marine Service (PMS) Surabaya. Tugboat KT. X memiliki tingkat *availability* terendah dari seluruh tugboat milik perusahaan yaitu 80,01 persen. Tugboat merupakan salah satu aset utama PT. PMS yang menunjang ekonomi perusahaan. Oleh karena itu, meningkatkan efisiensi kegiatan operasi merupakan hal penting yang perlu dilakukan oleh suatu perusahaan. Efisiensi tersebut meliputi sumber daya manusia, analisa ekonomi dan keandalan sistem dari aset perusahaan. Hal ini dilakukan agar perusahaan dapat mengikuti persaingan di dunia maritim baik secara nasional maupun secara global.

Dengan melakukan proses RCM pada *main engine* KT. X, dapat ditentukan tingkat prioritas terhadap kegagalan komponen yang memiliki konsekuensi kritis. Sehingga dapat menghasilkan sistem perawatan yang terencana dengan baik dan efisien.

Berdasarkan hasil dari penelitian ini, terdapat 76 jenis *tasklist* yang diperoleh berdasarkan analisa *maintenance task allocation and planning*. Dimana prosentase jenis perawatan dari masing-masing *failure mode (tasktype)* *Preventive Maintenance* (PM) sebesar 39,47%, *Condition Monitoring* (CM) sebesar 19,74%, *Finding Failure* (FF) sebesar 30,26% dan *One-Time Change* (OTC) sebesar 10,53%. *Tasklist visual inspection, cleaning of contaminant and hydrostatic pressure test* banyak direkomendasikan dan menjadi *tasklist* dengan jumlah kegiatan perawatan tertinggi. Hal ini dikarenakan sebagian besar *failure mode* yang terjadi pada Tugboat KT.X merupakan kerusakan pipa, valve, dan pompa. Sehingga dalam mendeteksi terjadinya kerusakan, kebocoran atau identifikasi karakteristik dari komponen, dapat dilakukan *tasklist* tersebut.

Kata kunci: Tugboat, RCM, main engine, PMS, maintenance task allocation and planning

ABSTRACT

MAINTENANCE TASK ALLOCATION AND PLANNING IN KT. X TUGBOAT USING RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE METHOD

Name : Apriagung Diantana P.
NRP : 4213100088
Department : Marine Engineering
Supervisors :
1. Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.
2. Ir. Dwi Priyanta, M.SE

Abstract

Reliability Centered Maintenance (RCM) is one of the processes that used to decisive action which should be performed to ensure any physical components or a system be able to work optimally in accordance with the function desired by its users. Basically, RCM used a risk management principles of the component failure, so that the type of maintenance can be determined properly. By using an appropriate type of maintenance, the possibility failures in a component can be detected and prevented earlier. A proper use of RCM be able to give a positive impact on cost savings, both maintenance costs and repair costs as the consequence of failures.

In this research, the components which become the object of research is the main engine of the KT. X tugboat which belongs to PT. Pelindo Marine Service (PMS) Surabaya. KT. X tugboat has the lowest level of availability from all tugboat owned by the company which is 80.01 percent. Tugboat is one of the main assets of PT. PMS which support the company income. Therefore, improving the efficiency of operating activity is an important action to be done by the company. These efficiencies include human resources, economy analysis and reliability system of the company assets. These attempts are done in order to follow the competition in maritime world both nationally and globally.

Determining priority levels about the failure components which have critical consequences can be done through the RCM process on the KT. X main engine. Thus, it results on the well planned and efficient maintenance system.

Based on the results of this research, there were 76 tasklist type which is obtained based on the analysis of maintenance task allocation and planning. The percentage of maintenance types from each failure mode (tasktype) Preventive Maintenance (PM) is 39.47%, Condition Monitoring (CM) is 19.74%, Finding Failure (FF) is 30.26% and One-Time Change (OTC) is 10.53%. Visual inspection, cleaning of contaminant and hydrostatic pressure test have been highly recommended and become tasklists with the highest number of maintenance activities. It is because the most of failures mode which occurs at the Tugboat KT. X are the damage in the pipe, valve, and pump. Thus, in detecting a damage, leakage or the identification of the component characteristics can be done by the tasklist.

Keywords: Tugboat, RCM, PMS, FMECA, Maintenance task allocation and planning

KATA PENGANTAR

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis haturkan atas kehadiran Allah SWT, karena dengan nikmat rahmat, berkat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik, lancar dan tepat waktu. Tugas akhir yang berjudul *"Maintenance Task Allocation And Planning Pada Tugboat KT. X Dengan Metode Reliability Centered Maintenance"* ini diajukan sebagai salah satu persyaratan kelulusan program strata satu teknik di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Selama proses pengerjaan tugas akhir ini penulis mendapatkan banyak dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak dan Ibu tercinta (Riyanto dan Siti Chasanah) serta saudara laki-lakiku (Adik Dimasagung Dwi Ramadhani) atas segala do'a, motivasi serta dorongan semangatnya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Eng. Muhammad Badrus Zaman, S.T, M.T selaku Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS, dosen wali serta dosen pembimbing tugas akhir penulis.
3. Bapak Ir. Dwi Priyanta, M.SE, selaku Sekretaris Program Studi Sarjana Gelar Ganda Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS serta dosen pembimbing tugas akhir penulis.
4. Tim penguji bidang MOM, Bapak Dr. Eng. Muhammad Badrus Zaman, S.T, M.T, Bapak Ir. Dwi Priyanta, M.SE, serta Bapak Dr. Eng. Trika Pitana, ST, M.Sc.
5. Bapak Ir. Dwi Priyanta, M.SE, sebagai orang tua kedua penulis selama menjalani pendidikan di Surabaya, penulis berterima kasih atas wejangan, pengetahuan dan kesempatan belajar dalam keluarga "Officers" selama ini.
6. Seluruh Dosen dan Karyawan Departemen Teknik Sistem Perkapalan.
7. Seluruh guru-guru yang pernah membimbing dan mengajari penulis dari SD hingga SMA.
8. Bapak Agus, Bapak Anang, Bapak Adit, dan Bapak Ali dari PT. Pelindo Marine Service yang telah meluangkan waktu untuk membantu dalam pengambilan data serta berdiskusi terkait tugas akhir penulis.

9. Bapak Nurhadi Siswantoro, S.T, M.T, sebagai senior, supervisor serta kakak dalam keluarga "Officers EPC" yang telah memberikan masukan serta kepercayaan diri kepada penulis dalam pengerjaan skripsi ini.
10. Nindya Yonna Rahmayanti serta keluarga, yang selalu memberikan do'a, semangat, saran serta motivasi untuk penulis bangkit kembali.
11. Keluarga, saudara serta kawan-kawan "Officers EPC", Pak Fuad, Mas Hadi, Mas Wildan, Mas Indra, Mas Arif, Mas Rokim, Mas Bayu, Mas Gigih, Mbak Chory, Sofi, Didit, Saiful, Soleh, Andri, Chika, Dek Nanang, Dek Agung, Dek Tyo, Dek Linggar, Dek Triska atas segala bantuan serta do'a yang diberikan.
12. Keluarga dan teman-teman seperjuangan "BARAKUDA'13", yang telah memberikan bantuan dan wawasan kepada penulis selama kuliah empat tahun ini.
13. Teman-teman dari "Paradise Kost", Grup "Harapan Emak", Grup "Foto Studio", atas segala keceriaan, semangat dan nasihat saat silaturahmi bersama.
14. Seluruh teman-teman SMA 1 Gondang, yang telah menjadi keluarga penulis sejak tahun 2010.
15. Pihak – pihak terkait lainnya yang turut berperan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini terdapat banyak kendala dan keterbatasan ilmu pengetahuan serta wawasan penulis menjadikan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan demi penulisan yang lebih baik di kemudian hari. Penulis juga memohon maaf apabila dalam proses pengerjaan tugas akhir ini terdapat banyak kesalahan yang disengaja maupun tidak disengaja. Besar harapan penulis, bahwasannya tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis secara khusus, pembaca, serta nusa dan bangsa. Semoga Allah SWT melimpahkan Rahmat, Karunia dan kasih sayang-Nya kepada kita semua. Terima kasih.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	v
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	9
1.3. Batasan Masalah	9
1.4. Tujuan Penelitian	9
1.5. Manfaat	10
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1. Peranan Tugboat Sebagai <i>Supporting System</i> Pelabuhan	11
2.2. Implementasi Manajemen Perawatan Pada Aset Perusahaan	17
2.3. Jenis-jenis Tindakan Perawatan	18
2.4. Hubungan Reliabilitas dan Perawatan	20
2.5. Evolusi dalam Dunia <i>Maintenance</i>	21
2.6. Metode <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM)	27
2.7. Definisi Dalam <i>Reliability Centered Maintenance</i>	37
2.8. <i>Failure Mode, Effects and Criticality Analysis</i> (FMECA)	38
2.9. Langkah-langkah Dalam Analisa FMECA <i>ABS Rules</i>	39
2.10. <i>Maintenance Task Selection</i>	44
2.11. <i>Maintenance Task Allocation And Planning</i>	49

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	53
3.1. Identifikasi dan perumusan masalah	55
3.2. Studi Literatur	56
3.3. Pengumpulan Data	56
3.4. Identifikasi <i>Functional Hierarchy Components</i>	57
3.5. <i>Failure Mode, Effects and Criticality Analysis</i> (FMECA)	59
3.6. Penentuan <i>Critical Equipment</i>	62
3.7. Penentuan Level Risiko	63
3.8. <i>Maintenance Task Allocation and Planning</i>	63
BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	65
4.1. Identifikasi Data Penelitian	65
4.2. Identifikasi Operasional Dan Konteks Operasi	70
4.3. Penyusunan <i>Functional Hierarchy M/E KT. X</i>	71
4.4. Identifikasi <i>System Block Diagrams</i>	72
4.5. Identifikasi <i>Function and Functional Failure</i>	72
4.6. Analisa <i>Failure Mode, Effects and Criticality Analysis</i>	75
4.7. Analisa <i>Maintenance Task Allocation and Planning</i>	80
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	85
5.1. Kesimpulan	85
5.2. Saran	86
DAFTAR PUSTAKA	87

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Arus Kapal dari / ke Pelabuhan Tanjung Perak.....	1
Gambar 1.2. Jumlah Kecelakaan Berdasarkan Jenis Kegiatan Pada Saat Terjadi Kecelakaan	4
Gambar 1.3. Availability Kapal Tugboat Milik PT. PMS Tahun 2016.....	5
Gambar 2.1. Rute Pelayaran Petikemas Domestik.....	12
Gambar 2.2. Arus Petikemas dari/ke Pelabuhan Tanjung Perak	13
Gambar 2.3. Dwelling Time Pelabuhan Tanjung Perak	14
Gambar 2.4. Proyeksi Arus Petikemas Pada Tahun 2030	16
Gambar 2.5. Klasifikasi Perawatan (Corder, 1992)	18
Gambar 2.6. Perkembangan Ekspektasi Maintenance (Moubray, 1997)	24
Gambar 2.7. Perkembangan Pola Kegagalan (Moubray, 1997).....	25
Gambar 2.8. Perkembangan Teknik Maintenance (Moubray, 1997)	26
Gambar 2.9. Diagram Komponen RCM (Nowlan, 1978)	29
Gambar 2.10. Bottom-up FMECA Worksheet (1)	44
Gambar 2.11. Bottom-up FMECA Worksheet (2)	44
Gambar 2.12. Maintenance Tasks Selection Worksheet pada Maintenance Task Allocation and Planning (1)	51
Gambar 2.13. Maintenance Tasks Selection Worksheet pada Maintenance Task Allocation and Planning (2)	51
Gambar 2.14. Summary of Maintenance Tasks pada Maintenance Task Allocation and Planning	52
Gambar 3.1. Diagram Alir Pengerjaan Skripsi (1).....	53
Gambar 3.2. Diagram Alir Pengerjaan Skripsi (2).....	54
Gambar 3.3. Contoh Functional Hierarchy NORSOK Z-008	58
Gambar 3.4. Risk Matrix pada metode RCM dengan ABS Rules	63

Gambar 4.1. KT. X milik PT. Pelindo Marine Service 66

Gambar 4.2. Data Historical Repair pada Main Engine KT. X 68

Gambar 4.3. Berita Acara dalam Historical Repair (1) 68

Gambar 4.4. Berita Acara dalam Historical Repair (2) 69

Gambar 4.5. Persentase Hidden or Evident Failure Mode 80

DAFTAR TABEL

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. <i>Top 10 Unit "Sea-Going" Tug pada Mei 2016</i>	2
Tabel 1.2. <i>Tingkat Kerusakan Pada Kapal Komersial</i>	4
Tabel 2.1. <i>Frekuensi Kerusakan Yang Terjadi (Current Likelihood)</i>	42
Tabel 4.1. <i>General Specification dari Tugboat KT. X</i>	66
Tabel 4.2. <i>Data Informasi Main Engine KT. X</i>	70
Tabel 4.3. <i>Mode dan Konteks Operasi Main Engine KT. X</i>	71
Tabel 4.4. <i>Fungsi dan Kegagalan Fungsi dari Main Engine KT. X (1)</i>	73
Tabel 4.5. <i>Fungsi dan Kegagalan Fungsi dari Main Engine KT. X (2)</i>	74
Tabel 4.6. <i>Daftar failure mode dari main engine Tugboat KT. X (1)</i>	76
Tabel 4.7. <i>Daftar failure mode dari main engine Tugboat KT. X (2)</i>	77
Tabel 4.8. <i>Rekapitulasi pada tahap summary of maintenance task</i>	82
Tabel 4.9. <i>Rekapitulasi Task Type Pada Setiap Maintenance Category</i>	83
Tabel 4.10. <i>Rekapitulasi Task Type Pada Study Comparison</i>	84

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

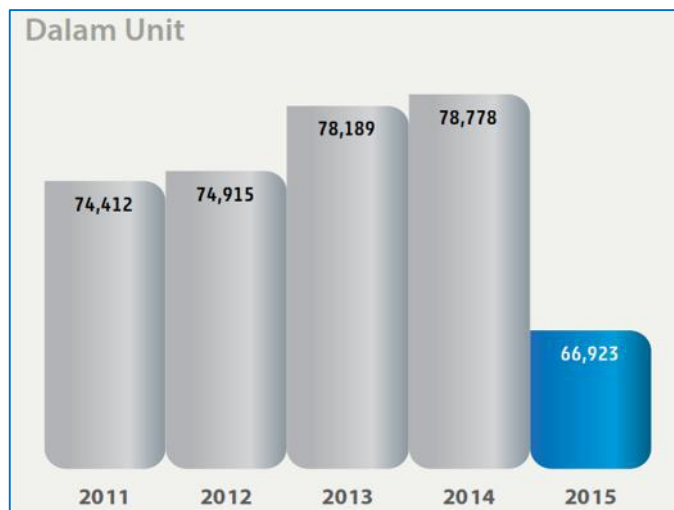
Pendahuluan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya merupakan salah satu pelabuhan dengan konsistensi arus petikemas yang padat di Indonesia. Dalam kurun waktu 5 (lima) tahun, arus petikemas di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya tumbuh hampir 1,5 kali dari 2,9 juta TEUs menjadi 4,1 juta TEUs (PTSML, 2014). Hal ini tentunya memberikan kontribusi yang positif bagi pembangunan nasional. Namun dalam mewujudkan target tersebut diperlukan beberapa *supporting system* dalam arus lalu lintas petikemas di pelabuhan, diantaranya adalah kapal tugboat sebagai jasa tunda kapal petikemas dalam merapat ke dermaga untuk melakukan proses bongkar muat. Sebagaimana tertuang dalam pasal 2 ayat 2 huruf (a) Peraturan Menteri Perhubungan nomor 93 tahun 2014, kapal tunda digunakan untuk menjamin keselamatan pelayaran dan perlindungan lingkungan maritim dalam pelayanan pemanduan kapal di pelabuhan, perairan dan alur pelayaran.



Gambar 1.1. Arus Kapal dari / ke Pelabuhan Tanjung Perak¹

¹ Laporan Tahunan 2015 PT. Pelindo III, 2016 (PELINDO, 2015)

Berdasarkan pada **gambar 1.1**, diperkirakan pada tahun 2015, terdapat 66.923 unit kapal yang melakukan transportasi dan aktivitas distribusi muatan di Pelabuhan Tanjung Perak (Pelindo III, 2015). Hal ini tentunya akan berdampak langsung dengan meningkatnya lalu lintas dan kebutuhan jasa kapal tugboat seperti tertera pada **tabel 1.1**.

Tabel 1.1. *Top 10 Unit "Sea-Going" Tug pada Mei 2016* ²

No.	Flag	Total BHP	%	Tugs (Unit)	%	Avg. BHP	Avg. Age
	Worldwide (Total)	48,267,578	100.00%	17917	100.00%	2694	1996
1	Indonesia	6,202,927	12.85%	3596	20.07%	1725	2007
2	United States of America	5,094,832	10.56%	1489	8.31%	3422	1982
3	Japan	2,538,396	5.26%	756	4.22%	3358	2000
4	Singapore	2,093,376	4.34%	710	3.96%	2948	2009
5	Malaysia	1,150,036	2.38%	517	2.89%	2209	2004
6	Panama	1,598,356	3.31%	513	2.86%	3098	1994
7	Korea, South	1,393,872	2.89%	485	2.71%	2874	1991
8	Russia	1,209,456	2.51%	440	2.46%	2749	1990
9	India	1,141,939	2.37%	414	2.31%	2778	1997
10	Italy	1,092,929	2.26%	328	1.83%	3332	1987

² Marcon International Tug Market Report, 2016 (MARCON, 2016)

Berdasarkan data pada **tabel 1.1**, Indonesia berada pada posisi pertama sebagai negara dengan tingkat aktivitas tugboat diatas 100 GT sebanyak 3596 unit atau sekitar 20,07 persen dari keseluruhan aktivitas yang dilakukan secara global. Maka dari itu, kapal tugboat dituntut untuk selalu *stand by* dengan tingkat keandalan yang tinggi dalam memenuhi target penyelesaian dan peran sebagai salah satu *supporting system* arus petikemas, khususnya di Pelabuhan Tanjung Perak. Dengan adanya keandalan yang tinggi, maka diharapkan target peningkatan durasi *dwelling time* Indonesia juga akan tercapai. Hal ini terkait dengan keinginan Presiden Republik Indonesia pada tahun 2016.

Pada tahun tersebut, Presiden Joko Widodo menginginkan agar proses *dwelling time* dapat ditekan maksimal tiga hari (TEMPO, 2016)³. *Dwelling time* merupakan durasi waktu dari sebuah kapal untuk melakukan proses bongkar muat (Artakusuma, 2012). Waktu tersebut dihitung sejak kapal masuk ke area pelabuhan untuk melakukan proses bongkar muat hingga kapal keluar pelabuhan dan menyelesaikan proses administrasi bongkar muat yang telah dilakukan. *Dwelling time* merupakan akumulasi dari tiga jenis kegiatan yaitu *pre-clearance*, *custom clearance* dan *post clearance*. Sehingga tiga kegiatan tersebut menjadi faktor utama yang mempengaruhi durasi *dwelling time*. Proses *pre-clearance* memiliki pengaruh terhadap *dwelling time* petikemas impor sebesar 52%, proses *custom clearance* memiliki prosentase 20% dan proses *post clearance* sebesar 28% (Rizkikurniadi, 2013).

Dengan adanya tuntutan tersebut, maka operasional tiap kapal tugboat tentunya akan meningkat. Apabila tidak didampingi oleh perawatan yang baik, operasional secara terus menerus akan menyebabkan beberapa komponen mengalami aus, terjadi penurunan performa secara kontinu bahkan bisa mengalami *breakdown*. Sesuai dengan survei yang dikeluarkan oleh DNV Rules pada tahun 2011 untuk *Australian Maritime Safety Authority* terkait *Shipping and Offshore Activity Data* mengkategorikan prosentase kerusakan berdasarkan jenis kapal seperti pada **tabel 1.2**.

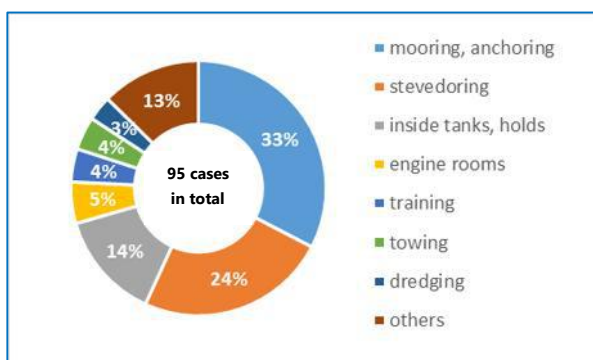
³ Koran Tempo, 18 Maret 2016

Tabel 1.2. Tingkat Kerusakan Pada Kapal Komersial ⁴

VESSEL TYPE	VESSELS	%
CLASS 1 (Passenger)	3633	23 %
CLASS 2 (Trading vessel e.g tugs, barges)	7175	44 %
CLASS 3 (Fishing vessels)	4679	29 %
CLASS 4 (Hire and drive)	634	4 %
TOTAL	16121	100 %

Berdasarkan **tabel 1.2**, tugboat masuk dalam kategori kelas dua sebagai kapal jasa dengan tingkat persentase kerusakan tertinggi sebesar 44 persen. Hasil tersebut didapatkan dari survei sebanyak 16121 kerusakan yang terjadi pada kapal, kategori kelas dua mengalami kerusakan sebanyak 7175 kapal. Kegagalan fungsi sistem pada saat tugboat dalam operasional tentunya dapat menyebabkan terganggunya salah satu fungsi utama tugboat sebagai *supporting system* pelabuhan pada saat kapal melakukan *mooring* dan *anchoring* untuk proses *loading* dan *unloading* muatan.

Pada tahun 2012 terdapat 31 kasus atau sekitar 32,6 persen dari 95 kasus kecelakaan terjadi pada saat proses *mooring* dan *anchoring* dilakukan. Data ini diperoleh berdasarkan data laporan kecelakaan dari lembaga investigasi di Jepang yang telah terdokumentasi oleh *Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism Japan* selama periode tahun 2008 hingga Juni 2012 seperti pada **gambar 1.2**.

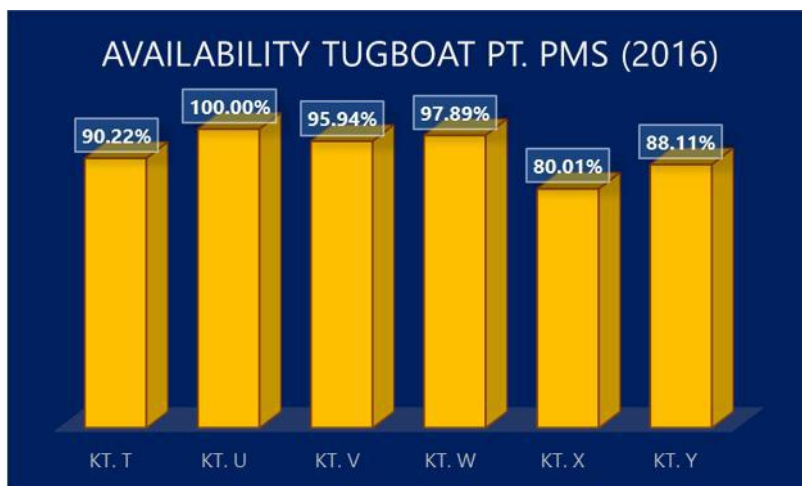
**Gambar 1.2.** Jumlah Kecelakaan Berdasarkan Jenis Kegiatan Pada Saat Terjadi Kecelakaan ⁵

⁴ *Shipping and Offshore Activity Data for Australian Maritime Safety Authority*, 2011 (DNV, 2011)

Data ini menunjukkan bahwa terjadinya *breakdown* pada saat operasi kapal mampu menyebabkan gangguan serta terjadinya kasus kecelakaan pada saat *mooring* dan *anchoring* yang dilakukan oleh tugboat. Selain itu, kegagalan fungsi dari komponen sistem tugboat tentunya akan berdampak langsung pada terhambatnya operasional kerja kapal serta dalam jangka panjang mempengaruhi profit yang diperoleh perusahaan.

PT. Pelindo Marine Service (PMS) merupakan anak perusahaan dari PT. Pelabuhan Indonesia III (Persero) yang bergerak dan bersinergi untuk memberikan pelayanan secara maksimal dalam bidang pelayanan jasa perkapalan. Salah satu layanan jasa perkapalan yang diberikan oleh PT. PMS adalah jasa pandu dan tunda menggunakan kapal tugboat. Sehingga tugboat merupakan salah satu aset perusahaan yang utama dalam menunjang produktivitas perusahaan.

Apabila terjadi kerusakan dalam operasional tugboat, maka akan menyebabkan berhentinya produktivitas atau bidang usaha yang ada di perusahaan dan berdampak langsung pada ekonomi perusahaan. Berikut merupakan data *availability* dari kapal milik PT. PMS selama tahun 2016 seperti pada **gambar 1.3**.



Gambar 1.3. Availability Kapal Tugboat Milik PT. PMS Tahun 2016⁶

⁵ Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism Japan, 2012 (MLIT, 2012)

⁶ PT. Pelindo Marine Service, 2017 (PMS, 2016)

Dalam setiap harinya, tugboat milik PT. PMS sebagai anak perusahaan Pelindo III diharuskan untuk mampu *stand by* selama 24 jam dikarenakan untuk memenuhi durasi *operational asset* yang telah ditetapkan. Dimana dalam waktu tersebut, setiap kapal memiliki *operational time* bergantung pada *task list* yang disusun oleh manajemen operasi setiap harinya guna memenuhi jasa tunda atau pandu kapal. Sehingga dalam dalam 1 bulan (31 hari), kapal tugboat milik PT. PMS diwajibkan untuk mampu *stand by* selama 744 jam dan 8760 jam dalam 1 tahun.

Berdasarkan pada **gambar 1.3.** dijelaskan bahwa selama tahun 2016, KT. X memiliki tingkat *availability* terendah sebesar 80,01 persen. Dapat disimpulkan bahwa dalam tahun 2016, KT. X hanya mampu untuk *stand by* atau beroperasi selama 7143 jam. Tingkat *availability* yang rendah ini merupakan indikator bahwa selama tahun 2016, KT. X mengalami beberapa kerusakan atau perbaikan jika dibandingkan dengan tugboat yang lain. Sehingga pada tahun 2016, KT. X memiliki *breakdown time* atau masa non-operasi yang cukup tinggi dan mengakibatkan tingkat *availability* kapal tersebut rendah (PMS, 2016).

Kebutuhan produktivitas yang tinggi dan kontinu dari aset perusahaan dalam menunjang ekonomi perusahaan membutuhkan penggunaan teknologi yang tinggi baik dalam bidang manajemen maupun aset perusahaan, khususnya bidang industri maritim. Selain itu, merupakan suatu keharusan bagi suatu perusahaan untuk lebih meningkatkan efisiensi kegiatan operasinya baik meliputi sumber daya manusia, analisa ekonomi maupun keandalan sistem dari aset perusahaan dalam rangka mengikuti persaingan di dunia maritim.

Keandalan sistem dari aset perusahaan digunakan untuk membantu memperkirakan peluang suatu komponen sistem mampu bekerja secara optimal sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan dalam periode tertentu. Sehingga keandalan sistem mampu berdampak langsung terhadap kelancaran kerja dari operasional aset itu sendiri (Ebeling, 1997).

Dengan semakin meningkatnya tingkat kebutuhan akan keandalan yang tinggi dan produktivitas dari aset serta komponen sistem di dalamnya sebagai penggerak ekonomi perusahaan, maka kebutuhan akan fungsi perawatan terhadap kapal merupakan hal yang tidak bisa diabaikan. Dalam usaha untuk mempertahankan kontinuitas operasional aset perusahaan dapat terjamin, maka perlu perencanaan kegiatan perawatan yang dapat menunjang keandalan suatu sistem atau aset perusahaan.

Manajemen perawatan yang baik diperlukan untuk mempertahankan keandalan dari suatu sistem. Manajemen perawatan yang buruk dapat menyebabkan kegagalan operasi sistem dan tidak efektif dari segi biaya perbaikan apabila terjadi kerusakan. Maka dari itu untuk memastikan bahwa kapal tugboat beroperasi dengan baik dalam masa operasionalnya, diperlukan manajemen perawatan yang baik dan tepat pada sistem dan komponen yang ada di tugboat.

Reliability-Centered Maintenance (RCM) didefinisikan sebagai suatu teknik atau proses yang dilakukan dalam menentukan tindakan yang seharusnya dilakukan untuk menjamin setiap komponen fisik atau suatu sistem dapat berjalan secara optimal sesuai dengan fungsi yang diinginkan oleh penggunaanya dengan menggunakan data dan informasi keandalan dari setiap komponen (Moubray, 1997). RCM sebagai salah satu bentuk proses *preventive maintenance* yang berbasiskan keandalan memiliki tujuan untuk mempertahankan keandalan sistem. RCM menjalankan prinsip manajemen resiko dari kegagalan komponen sehingga dapat ditentukan tipe perawatan yang tepat. Dengan tipe perawatan yang tepat kita dapat mencegah kegagalan yang mungkin terjadi (*failure mode*) atau mendeteksinya sebelum terjadi.

RCM berfungsi untuk memelihara sistem agar selalu dalam keadaan baik serta menemukan mode-mode kegagalan fungsi yang mungkin terjadi ketika sistem sedang dalam masa operasional. Penggunaan RCM secara benar dapat mengurangi jumlah rutinitas perawatan sebesar 40-70% dan akan berdampak pada penghematan biaya (G. Niu, 2010).

RCM pada dasarnya menjawab 7 pertanyaan utama akan fasilitas yang diteliti. Ketujuh pertanyaan tersebut adalah sebagai berikut (SAE JA1011, 1999):

- 1) Apakah fungsi dan hubungan performansi standar dari peralatan dalam konteks operasional pada saat ini (*system function*)?
- 2) Bagaimana peralatan tersebut gagal dalam menjalankan fungsinya (*functional failure*)?
- 3) Apa yang menyebabkan terjadinya kegagalan fungsi tersebut (*failure modes*)?
- 4) Apakah yang terjadi pada saat terjadi kegagalan (*failure effect*)?
- 5) Bagaimana masing-masing kerusakan tersebut berpengaruh (*failure consequence*)?
- 6) Apakah yang dapat dilakukan untuk memprediksi atau mencegah masing-masing kegagalan tersebut (*proactive task and task interval*)?
- 7) Apakah yang harus dilakukan apabila kegiatan proaktif yang sesuai tidak berhasil ditemukan (*default action*)?

Manajemen perawatan yang efektif dan efisien akan menghasilkan kinerja dari sistem yang optimal serta mempertahankan *life-time* dari fungsi yang diinginkan. Oleh karena itu, pada penelitian ini penulis akan menerapkan proses RCM dengan analisa *Failure Mode, Effects and Criticality Analysis* (FMECA) dari ABS Rules pada komponen *main engine* dari tugboat KT. X milik PT. Pelindo Marine Service.

Proses RCM dari ABS rules dapat digunakan untuk menentukan tingkat kegagalan serta rencana perawatan yang tepat dari masing-masing komponen. Dimana nantinya diharapkan dapat membantu sistem perawatan terencana di kapal dengan tidak mengganggu waktu operasional kapal. Selain itu dapat ditentukan skala prioritas pemeliharaan atau perawatan terhadap komponen khususnya untuk komponen yang memiliki fungsi terpenting.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan hirarki dari komponen berdasarkan fungsinya dalam sistem?
2. Bagaimana menganalisa kegagalan dan potensi bahaya yang ditimbulkan pada komponen kapal?
3. Bagaimana mengidentifikasi rekomendasi kegiatan perawatan dalam rangka mengantisipasi terjadinya kegagalan pada komponen kapal?

1.3. Batasan Masalah

Berdasarkan perumusan masalah tersebut, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada *main engine* KT. X milik PT. Pelindo Marine Service.
2. Kerusakan peralatan atau komponen yang terjadi didapatkan dari catatan data *historical repair (repair list)* dari PT. Pelindo Marine Service, bukan disebabkan oleh *human error*.
3. Data kegagalan komponen diambil dari *repair list* kapal tugboat KT. X dalam jangka waktu 4 tahun (selama tahun 2014-2017).
4. Tidak menganalisa *preventive cost*, *failure cost* dan *cost benefit analysis*.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi kegagalan yang mungkin terjadi pada *main engine* kapal.
2. Menganalisa potensi bahaya dari kegagalan pada komponen kapal serta upaya untuk mencegah terjadinya kegagalan tersebut pada saat operasi kerja sistem dijalankan.
3. Menentukan interval kegiatan dan jenis perawatan yang tepat dalam rangka mengantisipasi terjadinya kegagalan *main engine* kapal.

1.5. Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi mengenai kegiatan perawatan dengan proses analisa *Reliability Centered Maintenance* (RCM) berdasarkan *ABS Rules* yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam menentukan kebijakan perawatan bagi aset perusahaan.
2. Memberikan masukan mengenai interval waktu perawatan optimal dengan mempertimbangkan risiko kegagalan dari *main engine* kapal.
3. Dapat memberikan masukan bagi PT. Pelindo Marine Service tentang rancangan kegiatan perawatan yang baik dan tepat untuk meningkatkan produktivitas serta proses operasi kerja sistem berjalan dengan lancar.

BAB 2

Tinjauan Pustaka

BAB 2

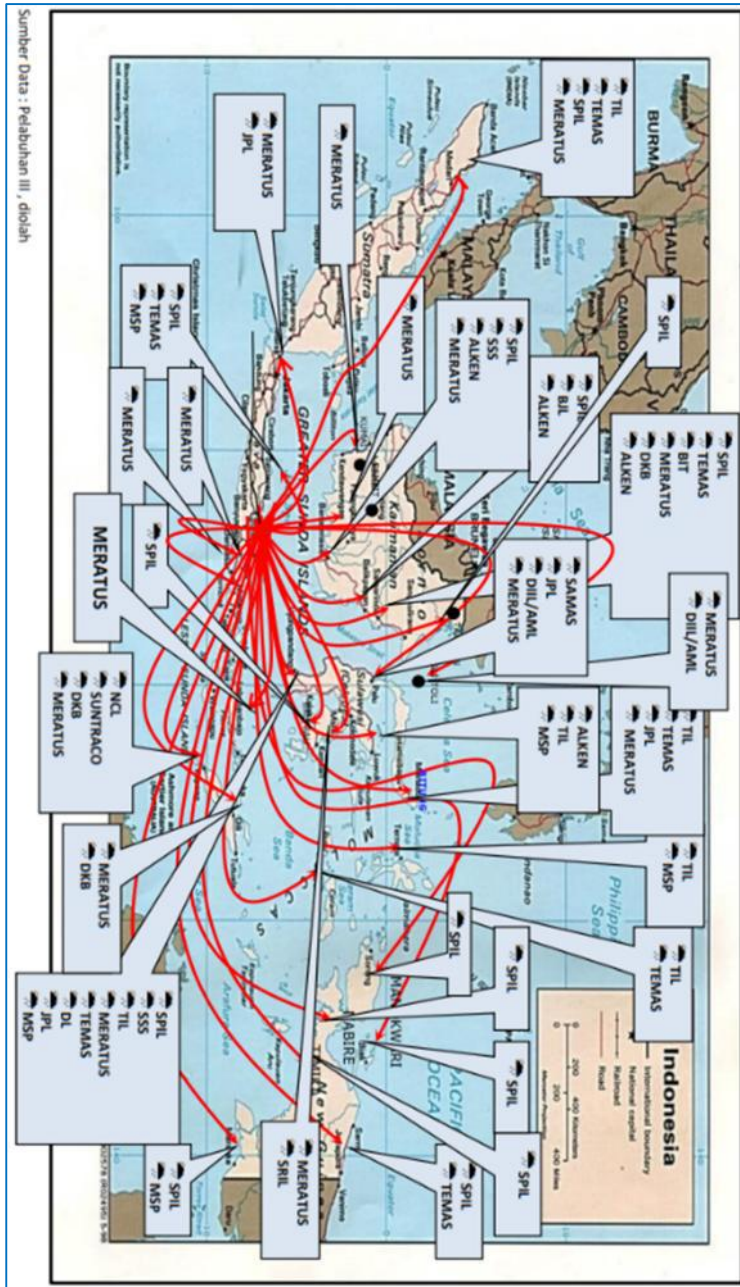
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Peranan Tugboat Sebagai *Supporting System* Pelabuhan

Negara kepulauan sebagai identitas Indonesia menjadikan transportasi laut sebagai sarana yang mempermudah hubungan antar pulau di seluruh wilayah Indonesia. Dalam rangka mencapai tujuan tersebut, diperlukan beberapa komponen sistem guna memperlancar arus transportasi serta meningkatkan pertumbuhan ekonomi melalui bidang maritim. Sehingga dalam hal ini pelabuhan menjadi salah satu komponen utama sebagai pintu pertama arus perdagangan laut. Hal ini tentunya memberikan profit tersendiri bagi daerah yang memiliki pelabuhan untuk memproyeksikan pelabuhan tersebut menjadi salah satu penunjang ekonomi daerah tersebut.

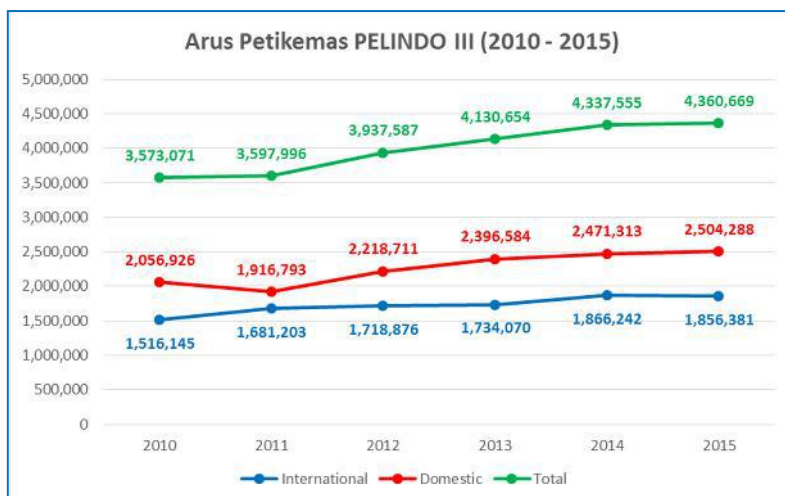
Surabaya sebagai *gateway* kawasan timur Indonesia menjadikan Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya sebagai pelabuhan terbesar dan tersibuk kedua di Indonesia setelah Pelabuhan Tanjung Priok Jakarta. Berdasarkan pada **gambar 2.1**, diketahui bahwa dari 17 perusahaan pelayaran yang menaungi wilayah timur Indonesia, 11 diantaranya berpusat di area Surabaya (BKPM, 2016). Maka dari itu, pelabuhan Tanjung Perak menjadi salah satu penunjang utama dalam kegiatan lalu lintas distribusi kebutuhan pokok yang bersifat konsumtif, produktif dan pembangunan baik skala domestik maupun internasional. Sehingga dalam hal ini, pelabuhan Tanjung Perak dapat menjadi andalan serta salah satu aset utama dalam menaungi kebutuhan transportasi area perairan dan kebutuhan industri bagi wilayah timur Indonesia.

Peningkatan arus angkutan petikemas seperti pada **gambar 2.2** dalam tiap tahunnya telah menjadi indikator bahwa Pelabuhan Tanjung Perak menjadi penggerak pertumbuhan perekonomian di Jawa Timur (BKPM, 2016). Untuk meningkatkan daya saing dan menjaga keberadaan komoditi strategis dari bahan kebutuhan pokok masyarakat, diperlukan sistem logistik yang terintegrasi dengan baik, efektif dan efisien (Aulia Ahmad, 2016).



Gambar 2.1. Rute Pelayaran Petikemas Domestik
Dari/Ke Pelabuhan Tanjung Perak ⁷

⁷ Badan Koordinasi Penanaman Modal PT Pelindo III, 2016



Gambar 2.2. Arus Petikemas dari/ke Pelabuhan Tanjung Perak ⁸

Berdasarkan **gambar 2.2**, pada tahun 2015 tercatat bahwa Pelabuhan Tanjung Perak menerima arus petikemas sebanyak 4.360.669 TEUS dengan *trend* peningkatan sebesar 0.53 persen dari tahun 2014 sebanyak 4.337.555 TEUs. Dalam tahun tersebut, terdapat 66.923 kapal yang berlabuh di Pelabuhan Tanjung Perak. Peningkatan dalam boks maupun TEUs pada tahun 2015 menjadi indikator bahwa terjadi peningkatan baik dalam dermaga domestik maupun internasional (BKPM, 2016).

Presiden Joko Widodo menginginkan agar aturan *dwelling time* atau lama tunggu kapal di pelabuhan Indonesia mencapai waktu maksimal tiga hari (TEMPO, 2016). *Pre-clearance* merupakan kegiatan dimana sebuah kapal yang akan melakukan proses *unloading* muatan masuk ke pelabuhan untuk proses administrasi dengan pihak pelabuhan. Tahap ini dihitung hingga bongkar muat telah selesai dilakukan dan muatan telah selesai berpindah ke dermaga. Selanjutnya adalah tahap *custom clearance*, dimana tahap ini merupakan tahap dimana muatan dari dermaga dipindahkan ke terminal petikemas atau tempat penampungan sementara dari muatan tersebut sebelum didistribusikan. Tahap terakhir adalah *post clearance* yaitu tahap dimana muatan didistribusikan dari terminal petikemas menuju

⁸ Badan Koordinasi Penanaman Modal PT Pelindo III, 2016

konsumen dengan melalui truk, kereta atau alat transportasi muatan lain (Taloka, 2013).

Sejak adanya keputusan dari Presiden tersebut, Pelabuhan Tanjung Perak mengalami peningkatan waktu *dwelling time*. Peningkatan terjadi dari yang semula mencapai 6,44 hari di awal tahun hingga saat ini mencapai 3,45 hari pada bulan Oktober 2016 dengan rata-rata lama layanan kapal di dermaga mencapai 50,16 jam seperti pada **gambar 2.3** (KPPBC, 2016).



Gambar 2.3. *Dwelling Time* Pelabuhan Tanjung Perak ⁹

Dalam rangka menjaga kualitas serta upaya untuk meningkatkan optimalisasi pelabuhan Tanjung Perak, maka diperlukan dukungan dari berbagai komponen *supporting system* pelabuhan. Salah satu *supporting system* di pelabuhan adalah layanan jasa pandu dan tunda kapal yang dilakukan oleh kapal tunda (tugboat). Kapal tunda tercantum dalam pasal 2 ayat 2 (a) Peraturan Menteri nomor 93 tahun 2014 sebagai salah satu sarana bantu pemanduan yang mendapatkan persetujuan Direktur Jenderal.

Sedangkan dalam pasal 1 ayat 5 dijelaskan bahwa kapal tunda sebagai sarana bantu pemanduan memiliki karakteristik tertentu berfungsi untuk kegiatan mendorong, menarik, menggandeng, mengawal (escort) dan membantu (assist) kapal yang berolah-gerak di alur

⁹ Kantor Pengawasan dan Pelayanan Bea dan Cukai Tipe Madya Pabean Tanjung Perak Surabaya, 2016

pelayaran, daerah labuh jangkar maupun kolam pelabuhan, baik untuk bertambat ke atau untuk melepas dari dermaga, jetty, trestle, pier, pelampung, dolphin, kapal dan fasilitas tambat lainnya (KEMENHUB, 2014).

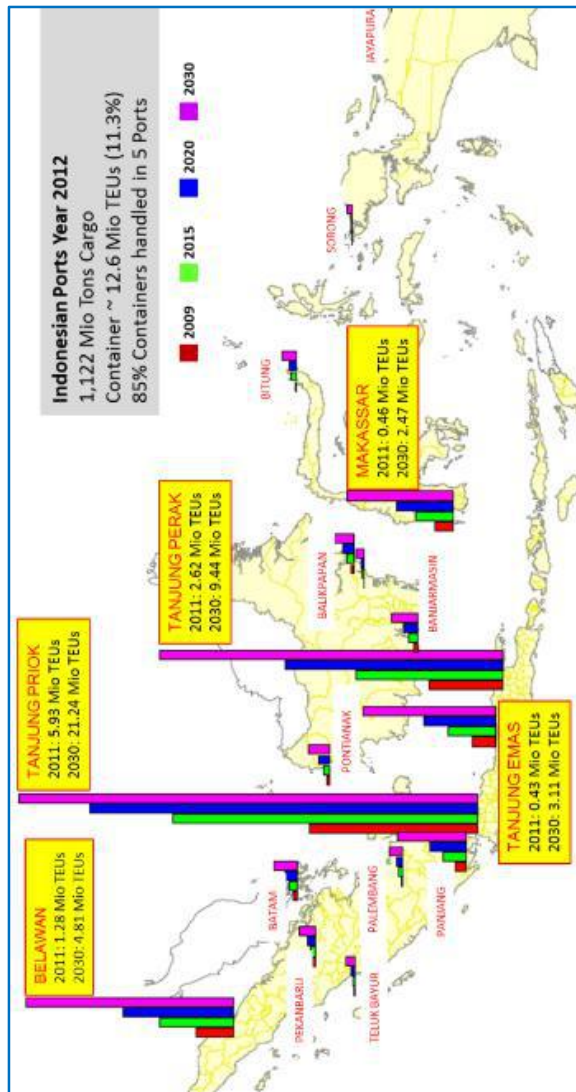
Tujuan dalam peraturan pemanduan kapal di area pelabuhan tertera pada Peraturan Menteri nomor 57 tahun 2015 dimana pemanduan adalah kegiatan pandu dalam membantu, memberikan saran dan informasi kepada Nakhoda tentang keadaan perairan setempat yang penting agar navigasi pelayaran dapat dilaksanakan dengan selamat, tertib, dan lancar demi keselamatan kapal dan lingkungan. Berdasarkan peraturan tersebut, maka tugboat menjadi salah satu faktor penting dalam alur transportasi di pelabuhan (KEMENHUB, 2015).

PT. Pelindo Marine Service (PT. PMS) sebagai salah satu penyedia jasa layanan kapal dibawah naungan PT. Pelindo III memiliki beberapa aset berupa kapal tugboat. Dengan terus beroperasinya kapal tugboat, maka profit yang diperoleh perusahaan juga akan terus berjalan. Namun apabila kapal terus dioperasikan, kemungkinan terjadinya penurunan performa dari kapal cukup besar. Maka, diperlukan tindakan perawatan terhadap kapal sebagai aset perusahaan untuk mempertahankan keandalannya.

Hal ini sejalan dengan terus meningkatnya arus transportasi kapal di Pelabuhan Tanjung Perak yang membutuhkan kapal tugboat untuk merapat ke dermaga seperti pada **gambar 2.4**. Berdasarkan pada **gambar 2.4**, pada tahun 2030 diproyeksikan bahwa Pelabuhan Tanjung Perak menjadi salah satu dari lima pelabuhan utama yang akan menangani sekitar 85% arus petikemas di Indonesia. Dan diperkirakan Pelabuhan Tanjung Perak akan menerima arus 9,4 juta TEUs kontainer per tahun (KP3EI, 2013).

Dengan tingkat keandalan tugboat yang tinggi, maka aset milik PT. PMS dapat menunjang pelayanan jasa pandu kapal di Pelabuhan Tanjung Perak. Sehingga tidak terjadi antrian dalam pelayanan Pelabuhan Tanjung Perak yang mungkin terjadi akibat ketidakseimbangan antara jumlah datangnya permintaan pelayanan

jasa tunda dengan jumlah kapal tugboat yang ada. Apabila permintaan dapat dipenuhi dengan baik, maka pelayanan pelabuhan dapat berjalan lebih cepat. Dengan demikian waktu tunggu kapal (*waiting time*) di pelabuhan akan berjalan relatif lebih singkat dan tentunya hal ini menunjang tercapainya durasi *dwelling time* yang lebih cepat.



Gambar 2.4. Proyeksi Arus Petikemas Pada Tahun 2030 ¹⁰

¹⁰ Brief Perspective on National and International Shipping Network in Indonesia (BAPPENAS dan KP3EI), 2013

2.2. Implementasi Manajemen Perawatan Pada Aset Perusahaan

Dalam beberapa tahun terakhir, perkembangan teknologi yang berjalan dengan pesat seringkali tidak dibarengi dengan kesiapan perusahaan dalam meningkatkan efisiensi kegiatan operasinya. Merupakan suatu kewajiban bagi sebuah perusahaan untuk meningkatkan produktivitas perusahaan ditengah persaingan dunia industri dan semakin terganggunya kestabilan perekonomian. Dengan jumlah aset perusahaan yang semakin banyak, maka hal ini menuntut perusahaan pemilik aset untuk meningkatkan *availability* dari keseluruhan aset yang dimiliki, salah satunya adalah dengan perawatan.

Kegiatan perawatan dan pemeliharaan meliputi pengecekan berkala, pelumasan yang teratur, perbaikan kerusakan yang ada serta penggantian *spare part* yang digunakan dalam komponen tersebut apabila telah melewati masa operasional merupakan beberapa cara yang bisa dilakukan dalam meningkatkan *availability* aset perusahaan (Assauri, 2004).

Perawatan merupakan suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang dalam atau memperbaikinya sampai suatu kondisi yang bisa diterima (Corder, 1996). Perawatan juga diartikan sebagai kegiatan dalam rangka memelihara serta menjaga aset perusahaan dengan melakukan perbaikan atau penggantian komponen sesuai dengan apa yang direncanakan (Assauri, 2004). Dalam masa operasionalnya, maka perawatan berfungsi untuk menghasilkan serta mengembalikan keadaan produk dalam keadaan yang baik (Dhillon, 1997).

Berdasarkan teori di atas maka dapat diartikan bahwa perawatan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas, aset, mesin dan peralatan perusahaan, melakukan perbaikan, serta penggantian yang diperlukan agar keadaan operasional berjalan dengan optimal sesuai yang diharapkan. Sedangkan manajemen perawatan adalah strategi pengorganisasian operasional perawatan untuk memberikan panduan terhadap perawatan yang dilakukan oleh perusahaan atau pemilik aset. Pengorganisasian ini dibentuk melalui gagasan dan

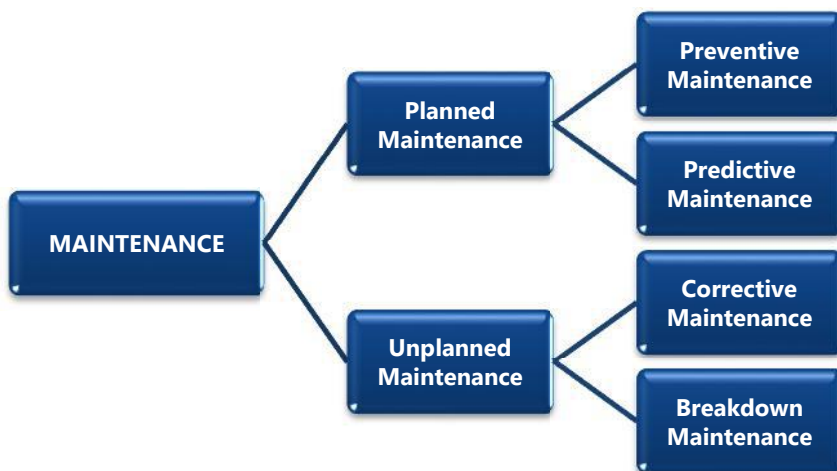
tindakan yang menghasilkan metode manajemen yang tepat dalam menunjang keberhasilan manajemen perawatan itu sendiri.

Tujuan dilakukan perawatan (Corder, 1996) antara lain:

1. Memperpanjang operasional aset (baik setiap komponen yang ada dalam aset maupun keseluruhan aset itu sendiri)
2. Mampu menjamin bahwa setiap peralatan produksi yang digunakan untuk memperoleh profit perusahaan berada dalam kondisi yang optimum
3. Menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu akan digunakan
4. Memberikan kepercayaan kepada pemilik aset bahwa operator terjaga keselamatannya pada saat operasional kerja

2.3. Jenis-jenis Tindakan Perawatan

Tindakan perawatan dapat dilakukan secara terencana (*planned maintenance*) maupun tak terencana (*unplanned maintenance*). Namun terdapat tindakan perawatan yang perlu segera dilakukan apabila terjadi kejadian serius dimana apabila tidak dilakukan tindakan perawatan tersebut maka dapat menimbulkan akibat yang serius seperti terhambatnya proses produksi, kerusakan serius pada peralatan, dan alasan keselamatan kerja yaitu disebut tindakan perawatan darurat (Corder, 1996).



Gambar 2.5. Klasifikasi Perawatan (Corder, 1992)

Berdasarkan pada **gambar 2.5**, penjelasan dari klasifikasi perawatan (Corder, 1996) adalah sebagai berikut:

2.3.1. Preventive Maintenance

Tindakan pencegahan meliputi pemeriksaan yang berdasarkan pada "lihat, rasakan dan dengarkan" serta penyetelan minor pada jangka waktu yang telah ditentukan untuk meningkatkan keandalan suatu mesin serta untuk mengantisipasi segala kegiatan perawatan yang tidak direncanakan sebelumnya. Namun dalam penerapannya juga diperlukan penggantian apabila ditemukan komponen minor yang perlu diganti pada saat pemeriksaan. *Preventive maintenance* dibedakan atas dua kegiatan (Assauri, 2004), yaitu:

- a) **Routine Maintenance**, yaitu kegiatan pemeliharaan yang dilakukan secara rutin, sebagai contoh adalah kegiatan pembersihan fasilitas dan peralatan, pemberian minyak pelumas atau pengecekan oli, serta pengecekan bahan bakar dan sebagainya.
- b) **Periodic Maintenance**, yaitu kegiatan pemeliharaan yang dilakukan secara berkala. Perawatan berkala dilakukan berdasarkan lamanya jam kerja mesin produk tersebut sebagai jadwal kegiatan misalnya setiap seratus jam sekali.

2.3.2. Predictive Maintenance

Tindakan prediktif meliputi pendeteksian penurunan performa dari sistem secara teliti dengan melalui pengukuran sehingga penyebabnya dapat dihilangkan maupun dikendalikan tergantung dari kondisi komponen berdasarkan hasil pengukuran. Hasil dari tindakan prediktif dapat dijadikan sebagai indikator kapabilitas fungsi pada masa sekarang dan di masa depan.

2.3.3. Corrective Maintenance

Tindakan korektif meliputi reparasi minor, terutama untuk rencana jangka pendek, yang mungkin timbul diantara pemeriksaan, serta *overhaul* terencana. Namun dalam perkembangannya dilakukan tindakan perincian terencana untuk jangka panjang dengan menggunakan hasil pemeriksaan yang ditemukan selama masa waktu *preventive maintenance*.

2.3.4. **Breakdown Maintenance**

Tindakan perawatan ini dilakukan apabila sebuah komponen maupun sistem telah mengalami kerusakan. Tindakan yang dilakukan berupa perbaikan pada bagian yang mengalami kerusakan. Namun tindakan ini dilakukan apabila dampak kerusakan tidak cukup signifikan hingga menyebabkan terhambatnya produksi maupun operasional kerja sistem.

2.4. **Hubungan Reliabilitas dan Perawatan**

2.4.1. **Konsep *Reliability* (Keandalan)**

Keandalan didefinisikan sebagai probabilitas dari sistem untuk bekerja secara optimal sesuai fungsi yang dibutuhkan dalam periode waktu tertentu (Ebeling, 1997). Definisi lain dari keandalan adalah probabilitas suatu sistem berfungsi secara normal ketika digunakan dalam periode waktu yang diinginkan dengan kondisi operasi yang telah ditentukan (Dhillon, 1997). Keandalan juga dapat diartikan sebagai probabilitas dari suatu item untuk beroperasi pada kondisi dan lingkungan tertentu berdasarkan fungsi dan periode waktu yang telah ditetapkan (Priyanta, 2000). Berdasarkan definisi diatas, maka ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

- a) **Probabilitas**, dimana nilai *reliability* adalah berada diantara 0 dan 1.
- b) **Fungsi** atau kemampuan yang diharapkan harus digambarkan secara jelas. Sehingga diperlukan suatu panduan indikator atau standar fungsi spesifik dalam setiap unit.
- c) **Tujuan**, dimana kegunaan yang diharapkan pada suatu peralatan harus spesifik. Hal ini terkait hirarki proses produksi atau operasional kerja.
- d) **Waktu**, merupakan parameter yang penting untuk melakukan penilaian kemungkinan sukses operasional suatu sistem.
- e) **Kondisi lingkungan**, yang mampu mempengaruhi umur dari sistem atau peralatan seperti suhu, kelembaban dan kecepatan gerak. Hal ini terkait dengan perbedaan keandalan pada kondisi operasional sistem bergantung pada bagaimana tindakan yang diterima oleh sistem.

2.4.2. Konsep *Maintainability* (Keterawatan)

Keterawatan merupakan probabilitas suatu sistem atau komponen akan kembali pada keadaan yang diharapkan dan mampu mencapai waktu *downtime* minimum pada saat operasional kerja (Dhillon, 1997). Definisi lain keterawatan adalah probabilitas bahwa suatu sistem atau komponen yang rusak akan diperbaiki ke dalam suatu kondisi tertentu dalam periode waktu tertentu sesuai dengan prosedur yang telah ditentukan (Ebeling, 1997). Prosedur perawatan melibatkan perbaikan, ketersediaan sumber daya perawatan (tenaga kerja, suku cadang, peralatan, dsb), program perawatan pencegahan, keahlian tenaga kerja dan jumlah orang yang termasuk di dalam bagian perawatan tersebut.

2.4.3. Konsep *Availability* (Ketersediaan)

Ketersediaan dapat didefinisikan sebagai probabilitas suatu sistem beroperasi sesuai fungsinya dalam suatu waktu tertentu dalam kondisi operasi yang telah ditetapkan (Ebeling, 1997). Ketersediaan juga didefinisikan sebagai probabilitas untuk menemukan suatu sistem dalam suatu periode tertentu guna menjalankan fungsi yang diperlukan (Priyanta, 2000). Sehingga ketersediaan merupakan fungsi dari suatu siklus waktu operasi (*reliability*) dan waktu *downtime* (*maintainability*).

2.5. Evolusi dalam Dunia *Maintenance*

Selama lebih dari dua puluh tahun, konsep *maintenance* telah berulang kali mengalami perubahan apabila dibandingkan dengan konsep manajemen yang lain. Perubahan konsep ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya semakin meningkatnya jumlah dan jenis dari aset fisik meliputi *plant*, komponen dan bangunan yang harus dilakukan *maintenance* di seluruh dunia. Selain itu tingkat kompleksitas desain, teknik *maintenance* baru yang semakin beragam serta perubahan pandangan dari sebuah perusahaan atau organisasi terhadap pentingnya *maintenance* juga turut menjadi faktor terjadinya perubahan dalam dunia *maintenance*. Perubahan ini tentunya diikuti dengan perubahan ekspektasi atau harapan terhadap hasil yang didapatkan dari *maintenance* yang dijalankan.

Hal ini termasuk peningkatan kesadaran secara luas terhadap efek yang ditimbulkan dari kegagalan terhadap keselamatan dan lingkungan, pertumbuhan kesadaran tentang hubungan antara *maintenance* dan kualitas produk serta ketersediaan (*availability*) yang tinggi dari aset yang berhubungan langsung dengan keuangan perusahaan (Moubray, 1997). Sejak tahun 1930, perubahan dalam dunia *maintenance* dapat dikategorikan menjadi tiga generasi sebagai berikut:

2.5.1. Generasi Pertama *Maintenance*

Generasi pertama meliputi periode waktu hingga pada saat perang dunia ke dua. Sehingga pada saat itu penggunaan sistem mekanis dalam dunia industri masih belum menjadi pilihan pertama. Oleh karena itu, terjadinya kegagalan peralatan (*downtime*) tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap dunia industri. Hal ini berarti tindakan pencegahan terhadap kegagalan peralatan belum menjadi prioritas utama dalam agenda sebagian besar industri.

Dalam periode ini, sebagian besar peralatan masih memiliki konsep desain sederhana dan mudah diperbaiki namun tetap handal dan kemampuan operasional yang baik. Sehingga tidak diperlukan konsep *maintenance* yang sistematis dalam operasionalnya, kecuali tindakan sederhana seperti *cleaning*, *servicing*, dan *lubrication*. Konsep desain yang sederhana juga menyebabkan kebutuhan akan tenaga ahli terhadap peralatan tersebut juga rendah.

2.5.2. Generasi Kedua *Maintenance*

Generasi kedua meliputi periode waktu saat terjadinya perang dunia ke dua. Dalam periode tersebut, terjadi peningkatan kebutuhan pada berbagai jenis barang namun pada saat yang sama terjadi penurunan pekerja industri yang signifikan.

Hal ini memicu sistem mekanisasi yang dilakukan terhadap peralatan. Sehingga berbagai jenis mesin dengan desain yang lebih rumit dalam dunia industri mulai banyak digunakan dan hingga tahun 1950-an industri bergantung pada teknologi mekanisasi tersebut untuk memenuhi *supply* berbagai jenis barang selama terjadinya perang. Dengan adanya ketergantungan akan sistem

mekanisasi, maka kegagalan peralatan harus dapat dicegah atau diminimalisir sehingga masalah *downtime* mulai menjadi perhatian utama dalam dunia industri.

Pada tahun 1960-an muncul konsep awal *preventive maintenance* yang sebagian besar terdiri dari tindakan *overhaul* yang dilakukan dalam interval waktu yang telah ditetapkan. Biaya *maintenance* semakin meningkat seiring dengan biaya operasional yang lain sehingga memicu berkembangnya *maintenance planning and control system*. Sistem ini berfungsi untuk mengatur dan mengendalikan proses *maintenance management*. Namun sekarang sistem ini juga berfungsi untuk menetapkan tindakan yang harus dilakukan dalam praktik *maintenance*. Sehingga, dengan terus meningkatnya biaya terhadap nilai kapitalisasi yang terkait dalam setiap aset menyebabkan orang mencari cara untuk mengoptimalkan usia operasional dari setiap aset mereka.

2.5.3. Generasi Ketiga *Maintenance*

Sejak tahun 1970-an, perubahan yang terjadi di dunia industri diklasifikasikan dengan ekspektasi baru, penelitian baru dan teknik-teknik baru.

- **Ekspektasi baru**

Terjadinya kegagalan aset (*downtime*) dapat mempengaruhi kemampuan produksi dari setiap aset fisik seperti berkurangnya *output* produksi yang dihasilkan aset, meningkatnya biaya operasional, dan terganggunya pelayanan terhadap pelanggan.

Downtime dapat memberikan dampak yang lebih buruk ketika industri secara global mulai beralih kepada *just-in-time-systems*. Sistem ini berarti pengurangan tingkat persediaan barang secara keseluruhan dapat terjadi dikarenakan kegagalan peralatan sekecil apapun dapat memberikan dampak yang besar pada seluruh sistem atau fasilitas yang ada. Pada **gambar 2.6** dipresentasikan perubahan ekspektasi terhadap dilakukannya *maintenance* dalam setiap aset.

1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000
Generasi Pertama		Generasi Kedua		Generasi Ketiga		
*Perbaikan ketika telah terjadi kerusakan		* <i>Availability</i> dari pabrik yang lebih tinggi		* <i>Availability</i> dan <i>reliability</i> dari pabrik yang lebih tinggi		
		*Usia operasional aset atau komponen yang lebih panjang		*Faktor keselamatan yang lebih tinggi dan terjamin		
		*Biaya yang lebih murah		*Kualitas hasil produksi yang lebih baik		
				*Tidak menyebabkan kerusakan lingkungan		
				*Usia operasional aset atau komponen yang lebih panjang		
				*Faktor biaya yang lebih efisien		

Gambar 2.6. Perkembangan Ekspektasi *Maintenance* (Moubray, 1997)

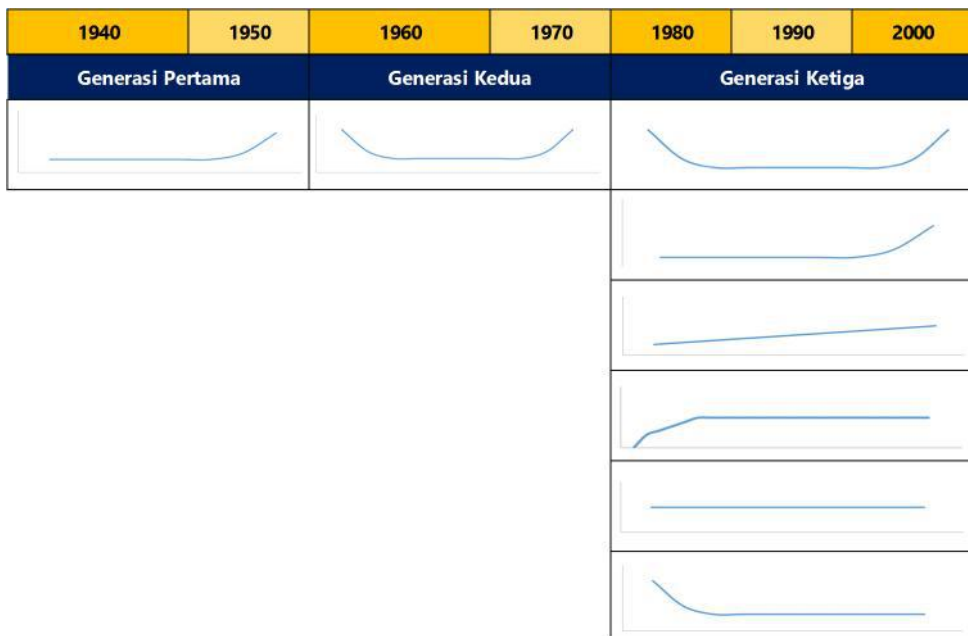
Dimasa sekarang, sebagian besar peralatan menggunakan sistem otomatisasi dan ketergantungan perusahaan akan sistem tersebut mengakibatkan *reliability* dan *availability* menjadi hal yang sangat penting. Namun disisi lain, semakin tinggi tingkat otomatisasi berarti semakin banyak kegagalan yang dapat mempengaruhi standar kualitas yang ditetapkan. Standar kualitas yang berhubungan dengan dampak terhadap keselamatan dan lingkungan apabila terjadi kegagalan merupakan standar yang meningkat dengan cepat.

Dibeberapa bagian dunia, standar keselamatan dan lingkungan masyarakat telah ditetapkan sebagai salah satu kriteria wajib yang harus diikuti sebuah perusahaan atau industri atau mereka harus menghentikan operasionalnya. Hal ini tentunya semakin menambah ketergantungan terhadap aktivitas *maintenance* yang dilakukan agar asset fisik bekerja secara efisien selama waktu yang diinginkan. Sehingga biaya *maintenance* juga terus meningkat dan menjadi salah satu prioritas dalam pengelolaan dan pengendalian biaya.

- **Penelitian baru**

Dalam perkembangannya, terdapat banyak penelitian baru yang telah merubah pengertian mendasar tentang pola kegagalan dan operasional aset. Secara khusus terlihat bahwa hubungan antara usia operasional dari aset dengan bagaimana mereka gagal telah semakin berkurang.

Semakin berkembangnya kesadaran terhadap kegagalan awal (*infant mortality*), mengakibatkan berkembangnya pola kurva bak mandi (*bath-tub curve*) di generasi kedua. Namun pada generasi ketiga tidak hanya ada satu pola melainkan terdapat enam pola kegagalan yang dapat terjadi seperti pada **gambar 2.7**.



Gambar 2.7. Perkembangan Pola Kegagalan (Moubray, 1997)

- **Teknik-teknik baru**

Dalam periode generasi pertama dan kedua, perbaikan atau perawatan ditekankan kepada *overhaul* dan sistem administratif. Namun dalam periode ketiga ini telah dilibatkan beberapa pengembangan seperti pada **gambar 2.8**, meliputi:

- a. Metode pendukung dalam pengambilan keputusan tindakan *maintenance* seperti *hazard studies*, *failure modes and effect analyses* dan *expert systems*
- b. Teknik *maintenance* yang baru seperti *condition monitoring*
- c. Desain peralatan atau komponen yang lebih menitikberatkan pada *reability* dan *maintainability*
- d. Perubahan besar dalam pemikiran organisasi dan pola pikir karyawan yang menekankan pada kerjasama, pasrtisipasi dan fleksibilitas.

1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000
Generasi Pertama		Generasi Kedua		Generasi Ketiga		
*Perbaikan ketika telah terjadi kerusakan		*Jadwal <i>overhaul</i> yang telah ditetapkan		*Condition monitoring		
				*Pengenalan risiko (<i>hazard</i>)		
		*Sistem perencanaan dan pengendalian kerja		*Desain atau konsep <i>reliability</i> dan <i>maintainability</i>		
				*Penggunaan komputer yang besar namun lambat		
				*Penggunaan komputer yang kecil, cepat dan efisien		
				*Failure modes and effects analysis		
				*Penggunaan sistem yang lebih rumit dan kompleks		
				*Multiskilling and teamwork		

Gambar 2.8. Perkembangan Teknik *Maintenance* (Moubray, 1997)

Sehingga dalam masa ini, perusahaan maupun industri harus mampu memilih atau menempatkan divisi *maintenance* yang mampu menentukan jenis *maintenance* yang tepat untuk perusahaan atau organisasi mereka. Hal ini dikarenakan apabila pengambilan keputusan atas jenis *maintenance* yang dilakukan tepat, maka kinerja operasional aset dapat meningkat dan mempertahankan tingkat produksi sekaligus mengurangi biaya *maintenance* yang dilakukan. Begitu juga sebaliknya.

2.6. Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM)

2.6.1. Pengertian *Reliability Centered Maintenance* (RCM)

Maintenance berasal dari kata "*to maintain*" yang berarti "merawat". *Maintenance* memiliki padanan kata yaitu "*to repair*" yang memiliki arti memperbaiki. Sehingga *maintenance* (perawatan) adalah sebuah perlakuan merawat atau memperbaiki suatu komponen agar dapat kembali digunakan dan berumur panjang.

Reliability Centered Maintenance (RCM) merupakan suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan untuk menjamin agar suatu aset fisik dapat berlangsung terus memenuhi fungsi yang diharapkan dalam konteks operasinya saat ini atau suatu pendekatan pemeliharaan yang mengkombinasikan praktek dan strategi dari *preventive maintenance* (PM) dan *corrective maintenance* (CM) untuk memaksimalkan umur (*life time*) dan fungsi asset / sistem / *equipment* dengan biaya minimal (*minimum cost*) (Lewis, 1987).

2.6.2. Sejarah dari *Reliability Centered Maintenance* (RCM)

Pada akhir tahun 1950-an, penerbangan sipil Amerika Serikat mencatatkan bahwa terjadi kecelakaan pesawat jatuh (*crash*) sebanyak 60 kejadian dalam setiap satu juta tinggal landas yang disebabkan oleh kegagalan peralatan. Namun saat ini diperkirakan kecelakaan pesawat jatuh hanya sebanyak 2 kejadian dari satu juta lepas landas. Selain itu hanya seperenam dari jumlah tersebut yang diakibatkan oleh kegagalan peralatan atau komponen. Data seperti inilah yang menjadi bagian dari evolusi tentang penggunaan RCM.

Pada tahun 1960-an, maskapai penerbangan bekerja sama dengan *Federal Aviation Agency* (FAA) untuk melakukan penyelidikan terkait kegagalan-kegagalan yang terjadi dan hubungannya dengan sistem yang ada di dalamnya. Hal ini dilakukan karena tingkat laju kegagalan pada saat itu tidak berubah meskipun dilakukan peningkatan perawatan pada peralatan atau komponen. Hasil studi ini menunjukkan bahwa teori tentang *failure characteristic wear-out* (pengausan) dari peralatan atau komponen tidak berlaku pada sistem pesawat baru yang cenderung lebih kompleks.

Selanjutnya hasil studi ini disusun bagi kebutuhan penerbangan sipil dalam satu seri laporan yang dipublikasikan oleh asosiasi industri penerbangan *Air Transport Association* berupa *Maintenance Steering Group* ATA (MSG) ke-1 pada tahun 1968, selanjutnya yang ke-2 pada tahun 1970, dan yang ke-3 pada tahun 1980.

Pada tahun 1970-an, Departemen Pertahanan Amerika Serikat (DoD) berusaha melakukan penelitian dalam usaha untuk mengontrol biaya perawatan. Hal ini bertujuan untuk melakukan investigasi terhadap kegiatan perawatan yang umum dilakukan oleh industri komersial. Dan akhirnya dipilih untuk mempertimbangkan penerbangan sipil. Sehingga DoD menugaskan Stanley Nowlan dan Howard Heap yang berasal dari United Airlines untuk membuat sebuah laporan yang berisi tentang kegiatan dan pengetahuan yang telah dipelajari dalam maskapai penerbangan. Dan laporan tersebut akhirnya selesai pada tahun 1978.

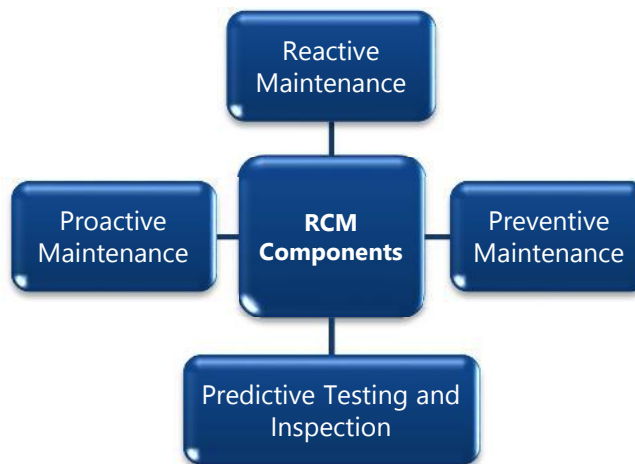
Dalam laporan tersebut Nowlan dan Heap mengajukan suatu proses sistematis yang lebih baik dari MSG-2 tahun 1970 guna mengidentifikasi mode kegagalan yang mungkin terjadi pada aset fisik yang mampu menyebabkan aset tidak mampu memenuhi fungsi yang telah ditetapkan *owner* atau bahkan memicu terjadinya *breakdown* pada aset tersebut. Proses sistematis tersebut disebut dengan *Reliability-Centered Maintenance* (RCM).

Dalam RCM, konsekuensi dari setiap mode kegagalan akan dikategorikan pada salah satu dari *hidden* (tersembunyi), *safety* (keselamatan), *operational* (operasi), atau *non-operational*. Konsekuensi ini didapatkan melalui kegiatan perawatan proaktif (*on-condition, scheduled restoration, scheduled discard*) dan kegiatan-kegiatan *defaults* (*failure-finding, redesign, no scheduled maintenance*). Selanjutnya dari setiap mode kegagalan yang ada dibentuk suatu kegiatan yang layak secara teknis (*technically feasible/applicable*) dan memiliki manfaat apabila dilakukan (*worth doing/effective*).

Pada masa ini, proses tersebut didefinisikan dengan standar yang dipublikasikan pada bulan Oktober 1999 oleh *Society of Automotive*

Engineers (SAE): JA1011, *Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes*. Dalam JA1011 tidak disampaikan proses RCM secara spesifik seperti proses lain yang digunakan dalam dunia industri. Namun JA1011 hanya memberikan kriteria minimum yang harus dipenuhi oleh sebuah proses yang dijalankan sebuah organisasi atau perusahaan agar bisa disebut sebagai suatu proses RCM. Sehingga JA1011 dapat digunakan oleh setiap organisasi atau perusahaan yang membutuhkan perawatan terjadwal pada setiap aset fisik mereka.

2.6.3. Ruang Lingkup RCM



Gambar 2.9. Diagram Komponen RCM (Nowlan, 1978)

Ada empat komponen besar dalam *Reliability Centered Maintenance* (RCM) seperti pada **gambar 2.9** yaitu *reactive maintenance*, *preventive maintenance*, *predictive testing and inspection*, dan *proactive maintenance* (F.S. Nowlan, 1978). Untuk lebih jelasnya akan didefinisikan sebagai berikut:

a) **Preventive Maintenance (PM)**

Preventive maintenance (PM) menjadi sebuah bagian penting dalam tindakan perawatan dalam rangka menjaga kemampuan sebuah sistem untuk memenuhi fungsinya sesuai dengan spesifikasi yang ada.

Tindakan preventif ini dilakukan dengan cara inspeksi atau survei langsung terhadap sistem secara sistematis, mendeteksi kerusakan dan melakukan perbaikan apabila terjadi kerusakan kecil guna menghindari kerusakan maupun dampak yang lebih besar. Dengan adanya tindakan preventif ini maka diharapkan masa operasional sistem menjadi lebih panjang, mengurangi risiko terjadinya *breakdown* pada komponen yang kritis serta dapat dijadikan salah satu indikator dalam rangka perencanaan dan penjadwalan perawatan yang diperlukan pada setiap komponen. *Breakdown* (rusak) sendiri diartikan sebagai kegagalan yang menghasilkan ketidaktersediaan suatu alat (Corder, 1996).

Beberapa hal yang diperlukan dalam melaksanakan tindakan preventif diantaranya adalah data histori dari perawatan komponen maupun sistem, data rekomendasi dari manufaktur, spesifikasi dari tiap komponen, *manual repair* dari setiap komponen, peralatan dan alat bantu pada saat dilakukan perawatan, informasi serta penyebab kerusakan yang terjadi pada setiap komponen, dan tindakan yang harus diambil pada setiap komponen.

b) *Reactive Maintenance*

Reactive Maintenance merupakan sebuah tindakan perawatan yang dilakukan apabila telah terjadi kerusakan pada komponen maupun sistem. Sehingga dalam operasionalnya, komponen atau sistem akan dioperasikan hingga terjadi kerusakan sebelum dilakukan tindakan perawatan atau perbaikan. Maka dari itu, *reactive maintenance* disebut juga *run to failure* atau *repair maintenance*.

Pada umumnya, *reactive maintenance* dilakukan guna mengetahui seberapa besar *item survivability* dari setiap komponen karena pada jenis perawatan ini kesempatan terjadinya kegagalan sama dengan perawatan atau perbaikan yang dilakukan pada setiap komponen maupun sistem. Hal ini dilaksanakan untuk mengetahui perbandingan jumlah biaya yang

dikeluarkan oleh pemilik aset apabila melakukan *repair* saat terjadi *breakdown* dengan biaya perawatan berdasarkan hasil analisa RCM.

c) *Predictive Testing and Inspection (PTI)*

Age-reliability characteristic atau periodik keandalan pada setiap komponen tentunya akan berbeda. Pada umumnya informasi ini tidak disertakan oleh produsen sehingga untuk menentukan jadwal *preventive maintenance* perlu memprediksi jadwal perbaikan ini pada awalnya. *Predictive Testing dan Inspection (PTI)* mampu menghasilkan data kondisi komponen dengan termonitor dengan baik sehingga PTI sering digunakan untuk membuat jadwal perbaikan menggunakan *time based maintenance*.

Pengambilan data PTI yang dilakukan secara periodik dapat digunakan sebagai perbandingan data antar komponen, membantu dalam proses analisis statistik serta menentukan tren kondisi pada setiap komponen. Sehingga hasil dari PTI dapat digunakan sebagai salah satu indikator dalam menentukan kondisi tiap kompoen terhadap masa operasionalnya. Namun dalam penerapannya, PTI tidak bisa digunakan sebagai satu satunya tindakan perawatan yang dilakukan pada setiap komponen dikarenakan PTI tidak mampu mengatasi potensi setiap kegagalan.

d) *Proactive Maintenance*

Proactive maintenance dilakukan untuk membantu meningkatkan efektivitas perawatan dalam beberapa hal seperti desain awal yang lebih efisien, pemasangan komponen dan penjadwalan perawatan yang lebih baik serta prosedur perawatan yang akurat. Dalam penerapannya, *proactive maintenance* perlu dilakukan *root-cause failure analysis* dan *predictive analysis* guna meningkatkan fungsi dan efektivitas program perawatan yang direncanakan pada setiap komponen, memberikan tampilan perawatan berdasarkan *life-cycle* yang ada serta mempengaruhi evaluasi performa jarak yang terjadi antara *maintenance task*

yang satu dengan yang lain secara periodik. Berikut merupakan karakteristik dari *proactive maintenance*:

- Ñ Menggunakan komunikasi atau *feedback* terhadap *asset owner* guna memastikan bahwa setiap prosedur atau desain yang telah dibuat oleh produsen berjalan dengan efektif
- Ñ Menjalankan proses pengembangan berkelanjutan guna memastikan bahwa penggabungan metode perawatan dengan teknologi pada tiap komponen berjalan dengan optimal.

2.6.4. Definisi Tentang 7 Pertanyaan Pada RCM

Dalam proses analisis menggunakan metode *reliability centered maintenance* (RCM) maka harus memenuhi proses dan urutan dari tujuh pertanyaan dasar dari RCM. Hal ini diperlukan guna memastikan bahwa implementasi dari RCM telah berlangsung secara efektif. Adapun penjelasan dari ke-tujuh pertanyaan tersebut adalah sebagai berikut:

- 1) **Fungsi (*system function*):** Apakah fungsi dari setiap komponen telah memenuhi spesifikasi atau standar yang diharapkan ?

Guna mengetahui bahwa setiap komponen telah memenuhi standar yang diharapkan, maka sebelum itu *asset owner* perlu menentukan apa performa yang harus dilakukan oleh komponen serta memastikan bahwa aset mampu melakukan kinerja sesuai dengan spesifikasinya tersebut dimana *asset owner* akan mengoperasikannya. Hal inilah yang menjadi penyebab mengapa mengidentifikasi fungsi menjadi langkah pertama dalam RCM. Sehingga, dalam hal ini fungsi dikategorikan dalam tiga jenis yaitu:

- a) Fungsi primer atau utama seperti: kecepatan, daya output, kapasitas, kualitas tiap produk serta pelanggan
- b) Fungsi standar atau fungsi lain yang diharapkan ada dalam setiap aset maupun komponen seperti: keselamatan baik bagi pengguna maupun lingkungan, proteksi atau efisiensi

pada saat operasi, integritas struktur dari setiap aset, serta *asset controlling* yang mudah saat operasional kerja.

- c) Fungsi aset baik secara fisik maupun ekonomi dalam operasi kerja sehingga pemilik aset mampu memastikan kontribusi setiap komponen dalam perusahaan.

2) Kegagalan Fungsional (*functional failure*): Bagaimana komponen tersebut gagal menjalankan fungsi yang diharapkan?

Setiap komponen memiliki fungsi yang berbeda sesuai dengan spesifikasi yang telah dibuat oleh produsen dan *asset owner* selalu menginginkan komponen bekerja sesuai spesifikasi tersebut selama mungkin. Tindakan perawatan yang dilakukan pada komponen hanya mampu menjaga komponen tetap berada di bawah *initial capability* atau kemampuan item sejak pertama kali dibuat oleh produsen. Dan *functional failure* merupakan kegagalan dari komponen atau sistem untuk memenuhi *system function* atau spesifikasi kerja yang diharapkan.

3) Penyebab Kegagalan (*failure mode*): Apa saja yang mampu menyebabkan terjadinya kegagalan fungsi pada setiap komponen?

Kegagalan fungsi atau *functional failure* yang terjadi pada setiap komponen tentunya dipengaruhi oleh beberapa penyebab terjadi kegagalan tersebut. Penyebab terjadinya kegagalan yang mengakibatkan komponen tidak mampu memenuhi spesifikasi yang diharapkan disebut *failure mode*. *Failure mode* dapat diidentifikasi apabila setiap *functional failure* telah diketahui. Dalam *failure mode* tidak hanya mencakup kegagalan yang telah terjadi namun juga kegagalan yang mungkin terjadi pada komponen tersebut. Sehingga dalam satu komponen atau aset dapat memiliki beberapa *failure mode*.

4) Efek Kegagalan (*failure effect*): Apakah dampak yang terjadi pada komponen saat terjadi kegagalan fungsi?

Setelah terjadinya kegagalan fungsi pada komponen, perlu dilakukan penjabaran dampak yang ditimbulkan dari kegagalan tersebut terhadap operasional kerja. Dampak yang ditimbulkan oleh kegagalan tersebut dapat berupa kegagalan yang langsung terjadi maupun jangka panjang.

- 5) Konsekuensi Kegagalan (*failure consequence*):** Bagaimana konsekuensi yang terjadi atau ditimbulkan oleh kerusakan terhadap masing-masing komponen?

Dalam analisa RCM, *failure consequences* diklasifikasikan menjadi empat kategori yaitu:

- a) *Hidden failure consequences.*** Konsekuensi yang ditimbulkan oleh kegagalan jenis ini tidak memberikan pengaruh secara langsung terhadap komponen namun apabila tidak dilakukan identifikasi lebih lanjut dapat menyebabkan kerusakan yang lebih fatal. Hal ini dikarenakan konsekuensi kegagalan ini tidak dapat diketahui secara langsung oleh operator komponen.
- b) *Safety and environmental consequences.*** Konsekuensi dikategorikan pada jenis ini apabila kegagalan yang terjadi dapat melukai atau menghilangkan jiwa seseorang baik operator maupun pihak yang berkenaan langsung terhadap komponen.
- c) *Operational consequences.*** Konsekuensi jenis ini mampu mempengaruhi operasional kerja dan hasil produksi secara langsung dikarenakan beberapa hal seperti berkurangnya kualitas produk, penurunan daya output, serta adanya biaya perbaikan pada saat operasi kerja sedang berlangsung.
- d) *Non-Operational consequences.*** Konsekuensi yang masuk dalam kategori ini apabila pada saat terjadi kegagalan maka tidak akan mempengaruhi operasional produksi maupun faktor *safety* dari operator. Namun dalam hal ini konsekuensi

yang ditimbulkan adalah adanya *direct cost of repair* sebagai dampak akibat terjadinya kegagalan itu sendiri.

6) Pemilihan Kegiatan Preventif & Interval Pelaksanaan (*proactive task and task interval*): Apakah tindakan yang dapat dilakukan untuk mencegah maupun memprediksi masing-masing kegagalan tersebut?

Dalam analisa RCM, tindakan preventif yang digunakan dikelompokkan menjadi tiga kategori besar yaitu:

a) *Scheduled On-Condition*. Tindakan preventif ini meliputi pengukuran dan pengamatan komponen pada saat sedang beroperasi untuk mengidentifikasi kondisi komponen yang mengindikasikan sedang terjadi kerusakan atau kegagalan fungsi pada komponen (*potential failure*). Dengan demikian dapat dilakukan pencegahan sebelum terjadinya konsekuensi kegagalan fungsional atau kerusakan yang lebih besar. Dalam penerapan *scheduled on-condition*, dibagi menjadi empat kategori utama, yaitu:

- ***Condition monitoring techniques*.** Dalam kategori ini diperlukan peralatan khusus guna melakukan inspeksi atau tindakan perawatan pada komponen
- ***Statistical process control*,** yaitu teknik pencegahan yang dilakukan dengan cara menerapkan keberagaman kualitas dari produk yang dihasilkan
- ***Primary effect monitoring techniques*.** Dalam kategori ini menggunakan peralatan inspeksi monitoring dalam melakukan tindakan perawatannya
- Teknik inspeksi yang didasarkan pada *predictive* dan *human sense*.

b) *Scheduled Restoration*. Tindakan preventif dalam kategori ini dilakukan tanpa memperhatikan kondisi komponen

apakah terjadi kerusakan atau tidak pada saat jadwal perawatan tengah berlangsung. Sehingga dalam penerapannya, tindakan perawatan ini memerlukan waktu khusus untuk kondisi komponen harus dalam keadaan mati atau tidak melakukan operasional kerja.

c) *Scheduled Discard*. Tindakan preventif ini dilakukan dengan cara penggantian komponen pada saat mencapai usia tertentu tanpa memperhatikan kondisi komponen tersebut telah mengalami kerusakan atau tidak. Tindakan ini dapat dilakukan dalam kondisi berikut:

- Umur item didapatkan dengan cara identifikasi kemungkinan penambahan kecepatan terjadinya kegagalan
- Sebagian besar komponen memiliki kemampuan untuk bertahan hingga umur tersebut dan dilakukan pada semua item jika kegagalan komponen memiliki konsekuensi terhadap keselamatan lingkungan

7) Tindakan *Default (default action)* : Apa tindakan yang harus dilakukan apabila *proactive task* yang sesuai tidak berhasil ditemukan?

Tindakan ini dipilih ketika *proactive task* yang sesuai dan efektif tidak mungkin untuk dilakukan, sehingga dapat diartikan bahwa tindakan ini diambil pada saat keadaan *failed state*. Adapun *default action* meliputi beberapa hal sebagai berikut:

- a) *Scheduled failure finding*.** Tindakan ini meliputi pemeriksaan secara berkala terhadap setiap komponen guna memastikan bahwa fungsi yang ada dalam komponen masih berada dalam performa yang baik atau telah mengalami kerusakan.
- b) *Re-design*.** Tindakan ini dilakukan dengan cara modifikasi komponen serta prosedur dalam rangka membangun

kembali kemampuan suatu komponen kembali kepada fungsi yang diharapkan.

- c) **Run to failure.** Tindakan ini dilakukan dengan cara melakukan operasional kerja hingga komponen mengalami kerusakan. Hal ini dilakukan apabila *asset owner* telah mengidentifikasi dan memastikan bahwa tindakan perawatan guna mencegah terjadinya kerusakan tidak sebanding secara ekonomis (tidak menguntungkan).

RCM lebih menitikberatkan pada penggunaan analisa kualitatif untuk komponen yang dapat menyebabkan kegagalan pada suatu sistem. Ketujuh pertanyaan diatas dituangkan dalam bentuk *Failure Modes, Effect and Critical Analysis* (FMECA) dan *RCM Task Decision* yang tergabung dalam *RCM Worksheet*.

2.7. Definisi Dalam *Reliability Centered Maintenance*

2.7.1. *Physical Asset*

Aset fisik diartikan sebagai seluruh fasilitas baik sebuah komponen maupun sistem yang ada di dalam perusahaan termasuk bangunan dari perusahaan itu sendiri.

2.7.2. *Konteks Operasi*

Dalam analisa RCM, konteks operasi merupakan sistem kerja yang digunakan oleh aset fisik pada saat operasional kerja dimana memiliki beberapa tujuan, diantaranya:

1. Memperpanjang usia operasi kerja aset baik bangunan, isi serta bagian dari suatu tempat kerja
2. Menjamin keandalan dari setiap aset fasilitas produksi dalam keadaan yang optimum guna mendapatkan profit semaksimal mungkin untuk perusahaan
3. Menjamin kesiapan dari seluruh peralatan darurat apabila digunakan setiap waktu seperti unit pemadaman kebakaran dan penyelamat
4. Menjamin keselamatan orang yang menggunakan setiap fasilitas maupun aset tersebut.

2.7.3. **Initial Capability dan Desired Performance**

Initial capability merupakan spesifikasi awal yang didesain oleh produsen, sedangkan *desired performance* merupakan kinerja yang diinginkan pada saat operasional kerja. Kedua hal ini berkaitan dengan aktivitas perawatan (*maintenance*) dimana fungsi dari perawatan sendiri adalah mempertahankan kondisi komponen sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan.

Perawatan juga berfungsi untuk mengembalikan performa komponen kembali ke performa awal desain dengan dilakukan beberapa perbaikan apabila terjadi kerusakan. Sehingga dalam masa operasional komponen atau sistem, pengguna juga terjamin keselamatannya.

2.7.4. **Kurva P-F**

Dalam analisa RCM digunakan kurva bak mandi (*bath-up curve*) dimana setiap komponen atau aset memiliki batas umur, masa operasi dan jumlah kegagalan yang mengikuti kurva tersebut. Berdasarkan kurva *bath-up curve*, pada masa awal operasi kerja komponen (*burn-in period*) ditandai dengan tingkat kegagalan yang tinggi namun semakin menurun seiring bertambahnya waktu. Pada tahap selanjutnya adalah masa operasional (*useful life period*) dimana kegagalan komponen atau sistem bersifat konstan atau random. Dan pada tahap akhir (*wear-out period*) ditandai dengan tingkat kegagalan yang semakin meningkat seiring bertambahnya waktu.

2.8. **Failure Mode, Effects and Criticality Analysis (FMECA)**

Failure Mode, Effects and Criticality Analysis (FMECA) adalah suatu metode yang digunakan untuk mengukur dan menganalisa keamanan dari suatu produk atau proses. Input dari FMECA adalah rencana, diagram, probabilitas, dan frekuensi data berdasarkan data historis. Sedangkan outputnya adalah daftar *most critical risk* dan beberapa target dari mitigasi risiko.

FMECA merupakan alat yang digunakan untuk pengelolaan resiko yang memiliki kualitas terhadap batas penerapan sistem keamanan yang lengkap. Teknik ini menyediakan analisa resiko untuk perbandingan satu komponen kegagalan terhadap penyebab

kegagalan yang dapat dihindari. Resiko adalah ukuran dari kombinasi konsekuensi modus kegagalan dan kemungkinan kejadian kegagalan tersebut pada sistem. Hasil perhitungan resiko terbesar menjadi prioritas kegagalan yang paling utama untuk direncanakan perbaikannya.

FMECA juga meningkatkan pengetahuan terhadap sebuah sistem dan identifikasi FMECA dengan tepat dapat meningkatkan efektivitas biaya program *preventive maintenance* dan pekerjaan yang terfokus pada rencana pengendalian.

2.9. Langkah-langkah Dalam Analisa FMECA ABS Rules

Analisa kegagalan pada *main engine* KT. X dilakukan dengan *Failure Modes, Effects and Criticality Analysis* (FMECA) menggunakan metode RCM dari *ABS Guidance notes on Reliability-Centered Maintenance*. Adapun langkah-langkah dalam melaksanakan FMECA adalah sebagai berikut:

2.9.1. Identifikasi *Operating Mode* dari *Main Engine*

Proses dari operasional sistem itu sangat penting tidak hanya untuk tujuan keinginan tetapi juga ketidakinginan terhadap *output* yang dihasilkan dan apa yang harus dipenuhi oleh sistem. Tahap ini meliputi identifikasi fungsi dan kinerja yang diharapkan dalam berbagai tingkatan, pembatasan sistem dan definisi kegagalan yang mungkin terjadi.

Operating mode of main engine adalah keadaan operasional kapal yang dijalankan atau diharapkan oleh pemilik kapal untuk dicapai setiap harinya. Dimana, setiap mode operasi yang dilakukan akan mempengaruhi sistem yang berjalan di dalam kapal beserta bagaimana mesin dioperasikan. Sebagai tahap awal dalam menentukan kelompok fungsi dari setiap operasional kerja dari kapal, maka mode operasi dikategorikan menjadi empat, yaitu:

- a)** Kondisi kapal dalam keadaan kecepatan penuh (*at sea*)
- b)** Pada saat kapal berada di area yang padat (*in congested waters*)
- c)** Kapal saat melakukan manuver (*maneuvering alongside*)
- d)** Pada saat bongkar muat (*cargo handling*)

2.9.2. Identifikasi *Operating Context* dari *Main Engine*

Konteks operasi pada fungsi sistem dalam sebuah kapal merupakan keadaan dimana sistem tersebut diharapkan bekerja sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan. Konteks operasi harus mampu mendefinisikan beberapa hal, diantaranya:

- a) Lingkungan dimana sistem dioperasikan secara fisik
- b) Deskripsi dari setiap sistem ketika dioperasikan
- c) Kemampuan tambahan yang mampu diberikan sistem selain kinerja yang telah ada (*inherent*)

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menyusun konteks operasi adalah sebagai berikut:

a) *Serial Redundancy*

Serial redundancy dalam penyusunan kelompok fungsi sistem diterapkan pada peralatan yang menjalankan sistem *stand by* antara satu sama lain. Sehingga dalam operasionalnya, apabila terjadi kegagalan, sistem akan mengaktifkan peralatan yang *stand by* untuk melanjutkan operasional kerja.

b) *Parallel Redundancy*

Parallel Redundancy berlaku untuk sistem atau peralatan yang beroperasi secara bersamaan. Masing-masing sistem ini memiliki kemampuan untuk memenuhi permintaan total. Dalam hal fungsional, kegagalan dalam satu sistem atau peralatan, peralatan atau sistem yang tersisa akan terus beroperasi, tetapi pada kapasitas yang lebih tinggi. Dalam beberapa pengaturan, sistem atau peralatan siaga juga masih dapat memiliki cadangan.

c) *Performa dan Kualitas Standar*

Sistem atau peralatan akan dioperasikan pada tingkat kinerja tertentu untuk menghasilkan kualitas produksi yang diharapkan.

d) *Standar Lingkungan*

Hal ini mengikuti standar baik dalam skala internasional, nasional, regulasi dan aturan lokal yang berlaku.

e) Standar Keselamatan

Setiap bahaya yang mungkin terjadi pada saat operasional harus didefinisikan dan peralatan keselamatan harus ditempatkan secara tepat sebagai langkah perlindungan terhadap operator sistem.

f) *Shift Arrangements*

Dalam operasionalnya, kapal diasumsikan untuk bekerja secara terus menerus, kecuali ketika kapal sedang berlabuh. Namun disisi lain, sistem kelistrikan dari kapal akan bekerja terus menerus. Sehingga pengaturan sistem dan strategi perawatan harus disusun dengan sebaik mungkin untuk memastikan ketersediaan sistem.

2.9.3. Identifikasi *Functional Failure and Failure Effect*

Pada konteks analisis ini, jenis kerusakan mempunyai arti dimana sistem dari sebuah elemen gagal untuk memenuhi fungsinya. Dampak kerusakan sering terjadi dalam beberapa cara, efektivitas dan pencapaian tidak hanya berhubungan dengan unsur fungsional, tapi juga keseluruhan sistem. Tahap ini mampu mengilustrasikan kegiatan operasi keterkaitan beserta ketergantungan fungsional dari kegagalan komponen yang terjadi. Dalam melaksanakan FMECA, seluruh *functional failure* dari komponen diidentifikasi dengan mempertimbangkan efek kerusakan pada level tinggi berikutnya. Hal ini dilakukan untuk mengukur dampaknya terhadap kinerja sistem secara keseluruhan, sehingga komponen dan sistem harus didefinisikan secara jelas. Tahap ini sangat penting untuk dilakukan guna mengidentifikasi pencapaian performansi, efektivitas, masukan atau keluaran, keseluruhan keluaran, kecepatan dan faktor lain untuk masing-masing fungsional.

2.9.4. Menentukan Penyebab Kerusakan (*Failure Mode*)

Analisis ini melibatkan seluruh proses atau *output* yang diharapkan untuk membatasi penyebab dari kerusakan pada umumnya. FMECA diharapkan mampu untuk memfasilitasi proses identifikasi dari kumpulan penyebab yang potensial lainnya. Proses analisis pada tahap ini dapat menggunakan data pengalaman atau histori kerusakan maupun kegagalan yang pernah terjadi sebelumnya.

2.9.5. Menentukan Tingkat Kekritisan (*Severity*)

Tahap ini berhubungan dengan seberapa serius efek atau akibat yang ditimbulkan oleh kerusakan (*failure mode*) pada umumnya. Pada buku *ABS Guidance notes on Reliability-Centered Maintenance*, definisi klasifikasi efek kerusakan dibagi menjadi 4 jenis kerusakan yang terlampir pada **lampiran 3**, yaitu:

- a. ***Catastrophic, Critical:*** Sebuah kerusakan yang dapat mengakibatkan hilangnya sebuah kehidupan pribadi dan kerugian terhadap suatu sistem secara keseluruhan.
- b. ***Critical, Hazardous, Significant:*** Kerusakan yang berpotensi menyebabkan kerugian yang serius, kerusakan sistem yang signifikan dan kehilangan fungsional dari sistem.
- c. ***Major, Marginal, Moderate:*** Kerusakan yang bisa menyebabkan kerugian personil, kerusakan sistem dan degradasi fungsional sistem.
- d. ***Minor, Negligible:*** Kerusakan yang tidak akan menyebabkan kerugian secara personil atau sistem, tetapi menghasilkan kebutuhan terhadap beberapa pemeliharaan korektif.

2.9.6. Menilai Frekuensi Kerusakan (*Current Likelihood*)

Pada tahap ini dilakukan analisis frekuensi dari setiap kerusakan secara individu. Berikut merupakan kategori frekuensi kerusakan seperti pada **tabel 2.1**.

Tabel 2.1. Frekuensi Kerusakan Yang Terjadi (*Current Likelihood*)¹¹

<i>Likelihood Descriptor</i>	<i>Deskripsi</i>
<i>Improbable</i>	Kurang dari 0.001 kejadian/tahun
<i>Remote</i>	0.001 to 0.01 kejadian/tahun
<i>Occasional</i>	0.01 to 0.1 kejadian/tahun
<i>Probable</i>	0.1 to 1 kejadian/tahun
<i>Frequent</i>	Lebih dari 1 kejadian/tahun

¹¹ *ABS Guidance notes on Reliability-Centered Maintenance*, 2004

- a) **Improbable** diartikan bahwa probabilitas kegagalan tunggal terhadap masing-masing operasi komponen dimungkinkan sangat kecil terjadi. Frekuensi kegagalan jenis ini berada pada nilai antara 0.0001 - 0.001 dari keseluruhan kejadian kerusakan komponen dalam satu tahunnya (365 hari).
- b) **Remote** diartikan bahwa probabilitas kegagalan tunggal terhadap masing-masing operasi komponen dimungkinkan kecil terjadi. Frekuensi kegagalan jenis ini berada pada nilai antara 0.001 - 0.01 dari keseluruhan kejadian kerusakan komponen dalam satu tahunnya (365 hari).
- c) **Occasional** diartikan bahwa probabilitas kegagalan tunggal terhadap masing-masing operasi komponen kadang-kadang terjadi. Frekuensi kegagalan jenis ini berada pada nilai antara 0.01 - 0.1 dari keseluruhan kejadian kerusakan komponen dalam satu tahunnya (365 hari).
- d) **Probable** diartikan bahwa probabilitas kegagalan tunggal terhadap masing-masing operasi komponen dimungkinkan terjadi. Frekuensi kegagalan jenis ini berada pada nilai antara 0.1 - 1 dari keseluruhan kejadian kerusakan komponen dalam satu tahunnya (365 hari).
- e) **Frequent** diartikan bahwa probabilitas kegagalan tunggal terhadap masing-masing operasi komponen sering terjadi. Frekuensi kegagalan jenis ini berada pada nilai antara 0.1 - 1 dari keseluruhan kejadian kerusakan komponen dalam satu tahunnya (365 hari).

2.9.7. Menganalisa Level Risiko *Failure Mode (Current Risk)*

Pada tahap ini matriks kekritisan kerusakan komponen merupakan fungsi kombinasi dari frekuensi dari jenis kerusakan (*current likelihood*) dan tingkat keburukan kekritisan kerusakan yang terjadi (*severity*). Apabila seluruh tahapan dalam analisa *failure mode, effects and criticality analysis* telah selesai dilakukan, maka selanjutnya hasil analisa perlu didokumentasikan ke dalam *worksheet* seperti pada **gambar 2.10**.

BOTTOM-UP FMECA WORKSHEET						
No. :	Description : Main Engine Tugboat KT.X					
Item (1)	Failure Mode (2)	Cause s (3)	Failure Char. (4)	Local Effects (5)	Functional Failures (6)	End Effects (7)

Gambar 2.10. Bottom-up FMECA Worksheet (1) ¹²

BOTTOM-UP FMECA WORKSHEET				
Description : Main Engine Tugboat KT.X				
Matrix (8)	Severit y (9)	Current Likelihood (10)	Current Risk (11)	Failure Detection/ Corrective Measures (12)

Gambar 2.11. Bottom-up FMECA Worksheet (2) ¹³

2.10. Analisa Maintenance Task Selection

Pada tahap ini, analisa berpanduan pada *task selection flow diagram* yang terdapat dalam buku *ABS Guidance notes on Reliability-Centered Maintenance*. *Task selection flow diagram* ini berfungsi sebagai *logic tree analysis* untuk membantu dalam pemilihan strategi manajemen yang paling tepat dilakukan untuk menangani kegagalan yang ada. Dengan demikian kegagalan tersebut dapat dicegah untuk terjadi ke depannya.

2.10.1. First Selection Decision

Tahap ini diperlukan untuk memutuskan kegagalan yang terjadi berada pada kategori *high risk* atau *low risk*.

¹² ABS Guidance notes on Reliability-Centered Maintenance, 2004

¹³ ABS Guidance notes on Reliability-Centered Maintenance, 2004

- 1) **Highest risk.** Kegagalan dengan tingkat risiko yang tinggi biasanya tidak akan mampu mencapai kriteria yang telah ditetapkan (*acceptable criteria*) oleh manajemen perawatan itu sendiri. Secara umum, untuk mencapai *acceptable criteria* diperlukan perubahan mendasar terkait bagaimana sistem tersebut dirancang, dan dioperasikan.
- 2) **Lowest risk.** Kegagalan dengan tingkat risiko yang sangat rendah biasanya masih dapat diterima oleh sebagian besar perusahaan atau organisasi dan tidak diperlukan strategi manajemen kegagalan lanjutan untuk menanganinya.
- 3) **Confidence in the risk characterization.** Keyakinan yang kuat akan keputusan terhadap tingkat risiko kegagalan yang terjadi mengindikasikan *user* mampu mengkategorikan karakteristik risiko tersebut dengan benar dan mampu menanganinya dengan baik, begitu pula sebaliknya. Sehingga dapat dilakukan proses RCM lebih lanjut tanpa diperlukan diskusi atau penjabaran lebih lanjut. Namun secara konservatif, biasanya tingkat risiko dikategorikan ke dalam tingkat *medium* atau *moderate* sebelum dilakukan proses RCM lebih lanjut.

2.10.2. Second Selection Decision

Condition monitoring merupakan pilihan pertama yang bisa diambil dalam menentukan jenis perawatan yang dilakukan dikarenakan faktor teknis dan efektivitas dari segi biayanya. Dalam menentukan apakah kegagalan dapat dikelola oleh *condition monitoring*, tim harus memilih *specific task* kemudian menentukan *task interval* yang tepat. Berikut beberapa kriteria yang diperlukan dalam menentukan keputusan tersebut:

a) **Maintenance Task Selection Criteria**

Untuk menentukan jenis tindakan yang dilakukan adalah *condition monitoring*, maka harus dipastikan bahwa jenis tindakan tersebut bisa dilakukan dan efektif.

Dalam menentukan ketepatan penerapan dan tingkat efektivitas, berikut beberapa hal yang harus dipertimbangkan:

- Harus dapat diimplementasikan dengan praktis (misalnya terkait interval waktu pemeliharaan yang diperlukan dan aksesibilitas dalam melaksanakan kegiatan perawatan tersebut harus layak secara operasional)
- Harus memiliki tingkat keberhasilan yang tinggi dalam mendeteksi modus kegagalan
- Harus efektif dari segi biaya dimana diartikan bahwa biaya yang dikeluarkan dalam melakukan kegiatan perawatan harus lebih kecil daripada biaya yang harus dikeluarkan apabila terjadi kegagalan.

Selanjutnya harus dilakukan evaluasi pengurangan potensi risiko yang dihasilkan dari implementasi *condition monitoring*. Hal ini dicapai dengan menentukan pengurangan risiko yang diantisipasi jika tindakan perawatan dilakukan. Secara umum tindakan *proactive maintenance* akan mengurangi probabilitas modus kegagalan yang terjadi daripada tingkat kekritisannya konsekuensi yang ditimbulkan.

Pengurangan risiko kemudian dibandingkan dengan kriteria penerimaan risiko untuk menentukan tindakan perawatan apa yang harus dipilih. Jika pengurangan risiko tidak mencapai tingkat yang dapat diterima, maka dilakukan analisa lebih lanjut untuk menentukan jenis tindakan perawatan yang lain atau penggantian komponen (*one-time change*) yang diperlukan untuk mengelola kegagalan kembali.

b) Maintenance Task Interval Determination

Penentuan interval dari tindakan perawatan secara ideal menggunakan data aktual kegagalan yang terjadi. Namun bagi sebagian besar perusahaan atau organisasi hal ini tidak realistis. Oleh karena itu, frekuensi dari tindakan perawatan yang dilakukan harus ditentukan dari beberapa sumber yang tercantum dengan urutan prioritas dan didokumentasikan sebagai berikut:

- *Generic P-F interval data*
- Rekomendasi dari manufaktur
- Interval tindakan perawatan yang saat ini dilakukan
- Pengalaman tim dari bagian perawatan

Untuk tindakan perawatan dengan *condition monitoring*, interval waktu perawatan harus memberikan waktu yang cukup untuk memberikan peringatan atas terjadinya kegagalan. Sehingga dalam waktu tersebut dapat dilakukan tindakan untuk memastikan bahwa konsekuensi yang lebih buruk dapat dihindarkan. Interval dari tindakan perawatan harus ditetapkan pada kurang dari setengah dari *P-F interval* yang telah diantisipasi.

2.10.3. *Third Selection Decision*

Tahap selanjutnya adalah menentukan apakah modus kegagalan yang terjadi bersifat *evident* (jelas) atau *hidden* (tersembunyi).

a) *Evident Failures*

Evident failures merupakan jenis kegagalan yang akan terlihat jelas oleh *operating crew* pada saat menjalankan operasional kerja secara normal (*normal operating conditions* / NOC). Misalnya adalah penurunan performa atau fungsi kerja yang akan terlihat dalam beberapa waktu ke depan tanpa adanya batasan waktu atau insiden yang terjadi.

b) *Hidden Failures*

Hidden failures merupakan jenis kegagalan yang tidak langsung terlihat oleh *operating crew* pada saat operasi normal dilakukan. Biasanya, *hidden failure* terlihat setelah sebuah kegagalan terjadi atau beberapa kegagalan yang telah terkait sebelumnya. Misalnya kerusakan *protective device* yang menyebabkan operasional menjadi tidak aman adalah contoh dari *hidden failure*.

Meskipun tidak ada konsekuensi langsung yang ditimbulkan oleh *hidden failure*, namun *hidden failure* dapat meningkatkan risiko dari beberapa kegagalan yang terjadi. Faktor keamanan, keselamatan,

lingkungan atau implikasi operasional harus diperhatikan dengan baik dan dicatat sebagai beberapa efek yang mungkin ditimbulkan atas terjadinya kegagalan.

Apabila kegagalan bersifat *hidden failure*, dan tidak ada tindakan perawatan *condition monitoring*, *planned maintenance* atau kombinasi beberapa tindakan yang dapat menurunkan tingkat risiko ke dalam kriteria yang dapat diterima, maka tim harus melakukan tindakan *failure-finding task* sebagai langkah untuk mengelola kegagalan.

2.10.4. One-time Changes

Jika kegagalan bersifat *evident* atau *hidden*, dan tidak ada tindakan *failure-finding task* yang akan memberikan tingkat risiko kegagalan yang dapat diterima, maka harus diputuskan bahwa risiko tidak dapat dikurangi menjadi tingkat *low risk*. Selanjutnya ditentukan tindakan atau kombinasi dari beberapa tindakan yang tepat dalam mengelola kegagalan yang terjadi.

Apabila telah ditentukan bahwa risiko dapat dan harus lebih rendah dari apa yang dicapai dengan tindakan perawatan, maka harus dipertimbangkan untuk satu kali penggantian (*one-time changes*) guna mengelola kegagalan. Dalam mengevaluasi efektivitas dari tindakan *one-time changes*, maka harus ditentukan potensi perubahan dan mempertimbangkan beberapa hal sebagai berikut:

- Apakah tindakan *one-time changes* dapat mengurangi risiko hingga masuk ke dalam tingkat risiko yang dapat diterima?
- Jika tidak, apakah tindakan *one-time changes* dapat mengurangi tingkat risiko ke tingkat yang bisa ditoleransi dengan tidak ada kemungkinan penurunan risiko lebih lanjut?
- Apakah tindakan *one-time changes* efektif dari segi biaya? Dan apakah biaya tersebut masih dalam kategori wajar dalam usaha menurunkan risiko kegagalan?

- Apakah ada tindakan perawatan lain yang lebih efektif dan mampu menurunkan risiko lebih baik dari tindakan *one-time changes*?

2.10.5. Rounds and Routine Servicing

Selain rekomendasi tindakan perawatan di atas, harus ditentukan juga jadwal inspeksi dan pemeriksaan secara rutin. Tindakan ini penting dilakukan untuk memastikan kurva rata-rata kegagalan dari modus kegagalan (yang menjadi dasar penentuan *proactive maintenance* dan karakteristik risiko) tidak berubah.

2.11. Maintenance Task Allocation And Planning

Maintenance task allocation and planning merupakan tujuan dari pengerjaan tugas akhir ini. Dalam penelitian ini penulis berpanduan pada buku *ABS Guidance notes on Reliability-Centered Maintenance*.

2.11.1. Maintenance Task Categories

Maintenance task allocation and planning yang dihasilkan dari analisa RCM dibagi menjadi beberapa kategori berdasarkan lokasi dan pihak yang disyaratkan dalam melakukan aktivitas perawatan, diantaranya sebagai berikut:

a) Kategori A

Pada kategori ini, komponen dapat dilakukan aktivitas perawatan (*maintenance*) meskipun pada saat operasional kapal dijalankan atau saat kapal sedang berlayar. Aktivitas perawatan dapat dilakukan langsung oleh crew kapal tersebut.

b) Kategori B

Pada kategori ini, apabila sebuah komponen telah masuk dalam jadwal perawatan (*maintenance*) atau mengalami kerusakan maupun kegagalan fungsi maka pihak *owner* kapal diharuskan untuk melakukan perawatan dan perbaikan pada kapal dalam keadaan tidak beroperasi dan menempatkan kapalnya disisi galangan kapal yang dilengkapi fasilitas untuk perbaikan kapal. Pihak *owner* juga diharuskan untuk didampingi oleh *vendor* dari komponen tersebut selama dilakukan aktivitas *maintenance* guna memastikan bahwa aktivitas perawatan yang ada sesuai dengan standar yang ada pada komponen itu sendiri.

c) Kategori C

Pada kategori ini, aktivitas perawatan (*maintenance*) pada komponen kapal harus dilakukan pada saat kapal tidak dalam keadaan beroperasi. Aktivitas *maintenance* dilakukan di galangan kapal dan diharuskan untuk melakukan *docking* pada area yang bebas dari air (*dry dock*). *Maintenance* harus dilakukan menggunakan fasilitas perbaikan dan perawatan pada *dry dock*.

2.11.2. Maintenance Task Interval

Pada penyusunan *maintenance task allocation and planning* terdapat *task interval*. *Task interval* merupakan jangka waktu atau jadwal dari sebuah operasi atau perawatan dilakukan pada masing-masing komponen. *Task interval* yang berasal dari analisa RCM tidak perlu sesuai dengan jadwal perawatan (*calendar-based maintenance schedule*) yang ada. Hal ini perlu diintegrasikan dengan jadwal perawatan yang ada dikarenakan *task interval* bisa dilakukan baik lebih pendek maupun lebih panjang dari jadwal yang ada tergantung dari beberapa kriteria sebagai berikut:

- a) Aktivitas perawatan dengan konsekuensi keselamatan kerja dan lingkungan yang tinggi apabila tidak dilakukan dengan baik kemudian terjadi kegagalan maka interval perawatan seharusnya ditetapkan lebih pendek dari jadwal perawatan yang ada untuk memastikan bahwa kemungkinan kegagalan komponen kecil serta tidak membahayakan keselamatan pada saat operasional kerja.
- b) Aktivitas perawatan dengan konsekuensi terganggunya operasional kerja apabila tidak dilakukan dengan baik kemudian terjadi kegagalan maka interval perawatan bisa ditetapkan lebih pendek atau lebih panjang dari jadwal perawatan yang ada. Namun ketika pengambilan keputusan jadwal interval perawatan lebih panjang dari jadwal yang ada, hal ini harus mendapat persetujuan dari pihak yang bertanggung jawab di bagian perawatan dalam perusahaan.

Dalam melakukan analisa pada tahap ini diperlukan panduan lembar kerja perawatan (*maintenance task worksheet*) seperti pada **gambar 2.12** dan **gambar 2.13**.

No. :		Description : Main Engine Tugboat KT. X				
Item (1)	Failure Mode (2)	Failure Char. (3)	H / E (4)	Effects ⁽⁵⁾		
				Local	Functional Failure	End

Gambar 2.12. Maintenance Tasks Selection Worksheet pada Maintenance Task Allocation and Planning (1) ¹⁴

Description : Main Engine Tugboat KT. X						
Risk Characterization ⁽⁶⁾			Task Selection ⁽⁷⁾			
Severity	Current Likelihood	Current Risk	Proposed Action(s)	Projected Likelihood	Projected Risk	Disposition

Gambar 2.13. Maintenance Tasks Selection Worksheet pada Maintenance Task Allocation and Planning (2) ¹⁵

Dalam penyusunan *maintenance task allocation and planning*, aktivitas perawatan dengan kategori B dapat diatur ketika penyusunan jadwal perawatan (*maintenance schedule*) secara keseluruhan. Hal ini dilakukan dengan menyesuaikan *task interval* dalam analisa RCM (hanya untuk kategori B dan C) menggunakan kriteria yang ditentukan dalam kategori B sehingga aktivitas perawatan yang harus didampingi oleh vendor komponen dan fasilitas dok dapat bertepatan dengan waktu kapal berlabuh dan jadwal *dry-docking*.

¹⁴ ABS Guidance notes on Reliability-Centered Maintenance, 2004

¹⁵ ABS Guidance notes on Reliability-Centered Maintenance, 2004

Apabila seluruh tahapan dalam analisa *maintenance task allocation and planning* telah selesai dilakukan, maka selanjutnya perlu dibuat kesimpulan dari hasil analisa tersebut. Berikut *worksheet* dari *summary of maintenance tasks* seperti pada **gambar 2.14**.

SUMMARY OF MAINTENANCE TASK							
Maintenance Category :							
Functional Group :							
System :							
Equipment Item :							
Component :							
Task	Task Type	Item No.	Risk		Frequency	Procedure No. Or Class Reference	Comments
			Current	Projected			

Gambar 2.14. *Summary of Maintenance Tasks* pada *Maintenance Task Allocation and Planning* ¹⁶

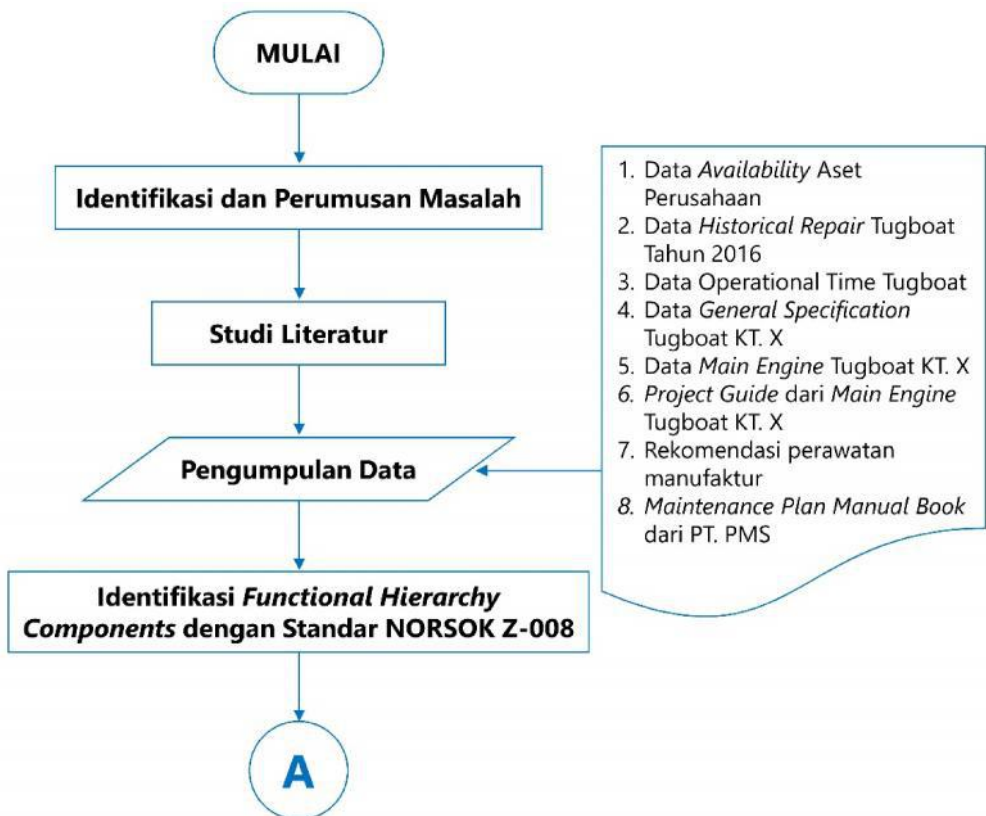
¹⁶ ABS *Guidance notes on Reliability-Centered Maintenance*, 2004

BAB 3

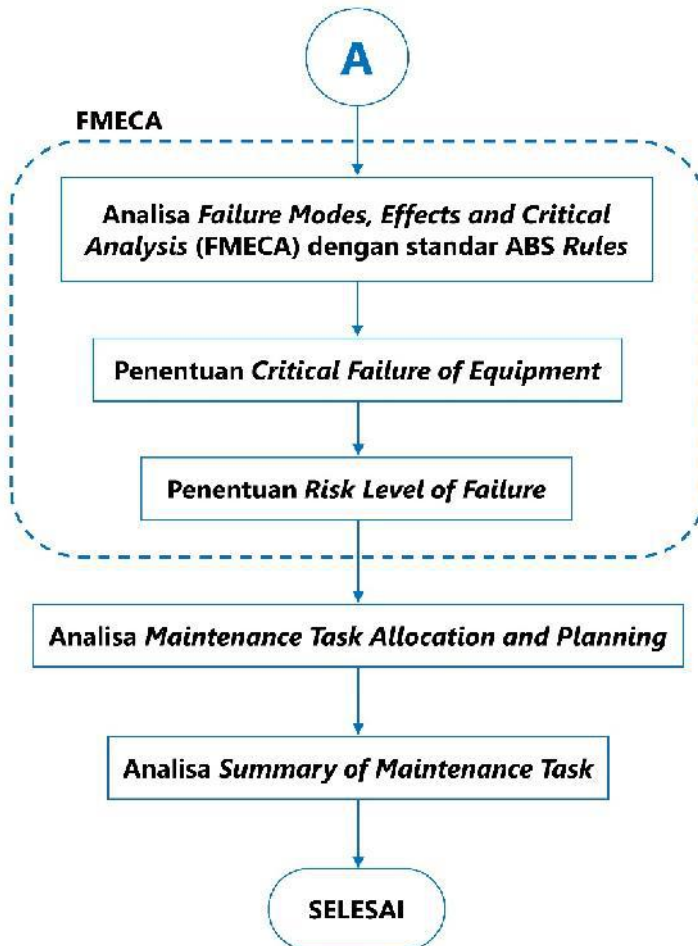
Metodologi Penelitian

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian menggambarkan rancangan penelitian yang meliputi prosedur atau langkah-langkah yang harus ditempuh, waktu penelitian, sumber data, serta dengan cara apa data tersebut diolah atau dianalisis. Metode penelitian berkaitan erat dengan prosedur, teknik, alat dan desain penelitian yang digunakan. Adapun tahapan-tahapan metodologi penelitian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut seperti pada **gambar 3.1.** :



Gambar 3.1. Diagram Alir Pengerjaan Skripsi (1)



Gambar 3.2. Diagram Alir Pengerjaan Skripsi (2)

Penjelasan dari tahap-tahap diagram alir pengerjaan skripsi diatas adalah sebagai berikut:

3.1. Identifikasi dan perumusan masalah

Pada tahap ini dilakukan identifikasi dan perumusan masalah yang ada dalam kapal tersebut. Objek penelitian yang diambil pada skripsi ini yaitu *main engine* pada KT. X milik PT. PMS. Pengoperasian kapal secara optimal sesuai dengan fungsinya sangat didukung oleh kinerja seluruh sistem yang ada pada kapal tersebut. *Main engine* merupakan salah satu komponen utama dalam kapal yang menunjang operasional kapal baik sebagai penggerak kapal maupun keselamatan kapal. Agar komponen tersebut dapat bekerja secara optimal maka diperlukan pemeliharaan secara optimal pula sehingga potensi terjadinya kegagalan dapat berkurang.

Pada **gambar 1.3.** dijelaskan bahwa KT. X memiliki tingkat *availability* terendah dari tugboat PT. PMS. Dengan nilai *availability* sebesar 80,01 persen, maka dapat disimpulkan bahwa KT. X mengalami durasi *breakdown time* yang tinggi. Berdasarkan data histori perbaikan KT. X selama tahun 2016, sebagian besar permintaan perbaikan dilakukan terhadap komponen *main engine*. Analisa kegagalan *main engine* pada kapal perlu dilakukan guna mengidentifikasi bagaimana komponen tersebut mengalami kegagalan dengan memperhatikan berbagai mode dan pengaruh kegagalan komponen terhadap operasional kapal.

Hal ini dikarenakan apabila terjadi kegagalan pada *main engine*, maka akan berdampak langsung serta menghambat operasional kapal. Bahkan bisa berdampak pada keselamatan penumpang dan muatan yang ada didalam kapal tersebut. Oleh karena itu faktor keandalan dari setiap komponen atau sistem harus diperhatikan dengan baik.

Pada pengerjaan tugas akhir ini, analisa kegagalan *main engine* kapal dilakukan secara kualitatif dengan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Namun bagaimana risiko kegagalan tersebut bisa terjadi dan sejauh mana dampak yang ditimbulkan pada operasional kapal, maka perlu dilakukan sebuah analisa kegagalan yaitu *Failure Modes, Effects and Criticality Analysis* (FMECA) dengan menggunakan *ABS Rules* untuk menyatakan kegagalan tersebut masuk ke dalam kategori yang ada. Selanjutnya dilakukan analisa *maintenance task allocation and planning* pada komponen tersebut.

3.2. Studi Literatur

Tahapan selanjutnya adalah melakukan studi literatur dengan tujuan untuk merangkum teori-teori dasar, acuan secara khusus dan umum, serta memperoleh berbagai informasi pendukung lainnya yang berhubungan dengan pengerjaan skripsi ini.

Dalam penelitian ini, penulis melakukan studi literatur tentang *Reliability Centered Maintenance* (RCM) yang diperoleh dari buku dan jurnal, paper, atau dari internet yang mendukung bahasan penelitian ini. Selanjutnya penulis menentukan standar yang digunakan pada analisa dengan metode RCM adalah menggunakan *ABS Guidance notes on Reliability-Centered Maintenance*. Selain itu penulis juga melakukan tanya jawab serta diskusi dengan pihak yang berkepentingan dan berkompeten pada bahasan ini. Dalam hal ini penulis melakukan diskusi tentang bahasan terkait dengan kepala divisi manajemen pemeliharaan serta divisi fasharkan dari PT. Pelindo Marine Service.

Berdasarkan diskusi tersebut maka dihasilkan rekomendasi objek penelitian dari perusahaan dalam penelitian yaitu Tugboat KT. X. Selain itu, pada tahap ini dilakukan identifikasi data yang diperlukan dalam menunjang penyelesaian penelitian ini. Sehingga dengan diselesaikannya tahap ini, diperoleh beberapa hasil diantaranya literatur penunjang terkait bahasan penelitian, metode yang digunakan dalam penelitian, rekomendasi objek penelitian dari perusahaan, serta beberapa daftar data yang dibutuhkan dalam penelitian.

3.3. Pengumpulan Data

Pada dasarnya data yang dibutuhkan untuk analisa dengan metode RCM pada skripsi ini adalah data kualitatif untuk mendukung atau menjawab pertanyaan yang mengacu pada RCM ABS Rules. Pada pengerjaan skripsi ini, penulis melakukan observasi ke PT. Pelindo Marine Service Surabaya dalam memperoleh data dari kapal X. Sehingga data-data yang dipakai untuk analisa RCM antara lain:

- 1) Data spesifikasi kapal dan komponen sistem meliputi gambar desain dan konstruksi (*engineering and component specification*) digunakan untuk mengetahui secara detail kondisi kapal. Data

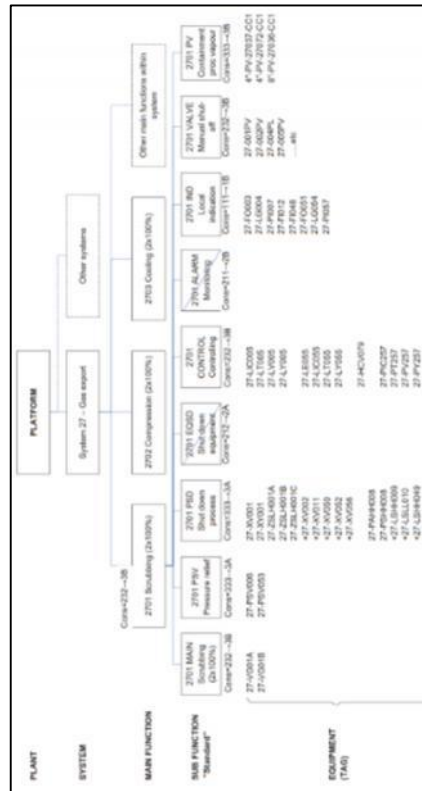
spesifikasi kapal dan komponen sistem diambil dari buku *Instruction and Maintenance Manual, Manufacture Guideline* dan observasi langsung pada KT. X milik PT. Pelindo Marine Service.

- 2) Untuk mengevaluasi keandalan komponen kapal diperlukan *design system* atau desain awal. Desain awal yang dimaksud dalam penelitian ini adalah *design system* kapal KT X. Dengan adanya data *design system* maka dapat diketahui terletak di sistem mana komponen tersebut.
- 3) Data waktu operasional kapal dan *main engine* pada saat mengalami kegagalan, reparasi atau perawatan selama periode waktu tertentu guna pengevaluasian keandalan komponen kapal tersebut. Dalam hal ini pengambilan data berupa jam operasi dibatasi selama tahun 2016. Data tersebut didapatkan dari PT. Pelindo Marine Service.
- 4) Data *historical repair* yang digunakan untuk mengetahui histori kerusakan dan *repair list* dari *main engine* tugboat KT. X yang memiliki potensi risiko kegagalan serta mengidentifikasi jenis perawatan yang tepat untung masing-masing komponen. Data tersebut diambil dari data *repair* milik PT. Pelindo Marine Service selama tahun 2014-2017.
- 5) Data-data lain yang mendukung untuk penyelesaian analisa kegagalan dengan proses RCM.

3.4. Identifikasi *Functional Hierarchy Components*

Aset adalah item informasi dasar, berkaitan dengan aspek-aspek teknis, kontrak, administrasi, *locational* dan operasional, dalam rangka untuk menentukan fungsinya dalam perusahaan (BSI EN 13460, 2002). Dokumen daftar aset merupakan sebuah dokumen dimana didalamnya terdapat beberapa informasi meliputi kode lokasi barang (kadang-kadang kode produksi yang berorientasi pada lokasi sehingga diperlukan secara terpisah), harga akuisisi, nama produsen item, model/tipe/nomor serial termasuk tanggal pembuatan, tanggal instalasi, periode garansi dan nomor akuntansi dimana digunakan untuk perhitungan biaya perawatan yang disusun oleh pihak yang

bertanggung jawab dalam hal ini adalah departemen perawatan dan pemeliharaan baik secara *preventive* dan *corrective maintenance* (BSI EN 13460, 2002).



Gambar 3.3. Contoh *Functional Hierarchy* NORSEK Z-008 ¹⁷

Register aset adalah proses menyusun aset yang dimiliki oleh perusahaan berdasarkan fungsinya dalam sistem. Register aset diperlukan sebagai penunjang dari proses perawatan dari aset yang dimiliki. Standar NORSEK Z-008 revisi 2011 menempatkan aset sebagai sumber daya sebelum dilakukan operasional kerja. NORSEK Z-008 menyusun daftar komponen berdasarkan fungsinya dan setiap komponen memiliki bentuk kode dan nomor register yang berbeda seperti pada **gambar 3.3** (NORSEK, 2011). Dengan adanya penyusunan daftar aset akan mempermudah identifikasi komponen dalam sistem dan perawatan dari komponen.

¹⁷ NORSEK Standard Z-088, 2011

3.5. **Failure Mode, Effects and Criticality Analysis (FMECA)**

FMECA dimulai dengan tahap konseptual dan persiapan, desain ketika sistem tersebut dianalisa lebih dari suatu perspektif fungsional. Untuk memaksimalkan efektivitas, bagaimanapun analisa perlu meningkatkan setiap informasi tambahan yang tersedia untuk sebuah analisa, itu juga mencerminkan semua perubahan desain dan dampaknya pada keseluruhan sistem. Disamping itu dan sebagai tambahan, keuntungan atau manfaat semakin jelas dengan FMECA, dapat membuat kontribusi yang penting terhadap studi kelayakan sistem sepanjang tahap persiapan desain dan penggambaran masalah fungsional.

Analisa kegagalan dari *main engine* KT. X dilakukan dengan *Failure Modes, Effects and Criticality Analysis* (FMECA) dengan menggunakan metode RCM dari ABS Rules. Adapun langkah-langkah dalam melaksanakan FMECA dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.5.1. **Identifikasi Operating Mode dari Main Engine**

Operating mode of main engine merupakan karakteristik kerja dari main engine meliputi daya serta kecepatan yang digunakan dalam setiap operasional kerja. Operating mode bergantung kepada jenis kegiatan serta faktor lingkungan dari operasional kapal itu sendiri. Dimana dalam penelitian ini dibedakan menjadi empat kategori yaitu *at sea*, *in congested waters*, *maneuvering alongside* dan *cargo handling*. Dimana dalam empat kategori tersebut terdapat tiga karakteristik utama yaitu:

- a. **Environmental Parameters.** Dalam penelitian ini, data terkait faktor lingkungan atau area operasional dari tugboat KT. X diperoleh berdasarkan data parameter lingkungan Pelabuhan Tanjung Perak.
- b. **Manner of Use.** Dalam penelitian ini, data terkait sistem kerja dan operasional dari tugboat KT. X ditentukan berdasarkan data operasional tugboat KT. X yang dimiliki oleh PT. PMS.
- c. **Performance Capability.** Dalam penelitian ini, data terkait performa *main engine* KT. X berdasarkan *project guide of main engine* dari PT. PMS.

3.5.2. Identifikasi *Operating Context* dari *Main Engine*

Konteks operasi kapal merupakan keadaan dimana sistem dalam kapal tersebut diharapkan bekerja sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan sehingga mencapai fungsi yang ada. Berdasarkan pada **subbab 2.9.2**, maka konteks operasi dalam penelitian ini ditentukan berdasarkan hasil *interview* dengan manajemen teknik dan manajemen operasi dari PT. PMS. Berdasarkan hasil *interview* tersebut diperoleh data waktu operasional kerja dari tugboat KT. X beserta dengan setiap spesifikasi kerja yang diharapkan muncul dalam masa operasional.

3.5.3. Identifikasi *Functional Failure and Failure Effect*

Functional failure dalam penelitian ini diartikan sebagai ketidakmampuan *main engine* untuk memenuhi spesifikasi bawaan dari manufaktur. Ketidakmampuan meliputi kelebihan dan kekurangan baik dari daya maupun kecepatan operasional yang dihasilkan oleh *main engine*. Berdasarkan data *ship particular* dan *project guide of main engine* yang diperoleh dari PT. PMS, dapat ditentukan *functional failure* dari *main engine*.

Selanjutnya dalam menentukan dampak terjadinya kegagalan (*failure effect*) yang terjadi pada komponen maupun sistem apabila terjadi kegagalan, maka dilakukan identifikasi pada *system block diagram* dari *main engine*. *System block diagram* digunakan untuk menentukan keterkaitan fungsi sistem yang dibutuhkan oleh *main engine* sehingga mampu untuk bekerja dengan baik ketika dioperasikan. *Output* dari setiap fungsional blok akan menunjukkan fungsi yang harus tersedia dalam menjalankan keterkaitan fungsi sistem secara keseluruhan.

Setiap output fungsi harus disertakan pernyataan kerja yang mewakili fungsi yang diperlukan atau performa yang ditunjukkan, serta parameter kinerja operasional (bila memungkinkan). Pada setiap fungsi juga harus disertakan pernyataan apabila terjadi kegagalan fungsional. Kegagalan fungsional disini baik kegagalan total maupun parsial. Kegagalan ini didefinisikan sebagai anomali atau penyimpangan dari setiap parameter performa yang telah ditentukan. Dalam penelitian ini, dilakukan identifikasi *system block*

diagram serta *system design* dari beberapa sub-sistem utama dalam *main engine*, diantaranya:

- a) *Fuel oil system*
- b) *Lubricating oil system*
- c) *Cooling water system*
- d) *Compressed air system*

Berdasarkan *system design* tersebut, dapat dilakukan identifikasi efek sebuah kegagalan terhadap komponen selanjutnya maupun efek terhadap sistem secara keseluruhan. Sehingga konsekuensi yang ditimbulkan oleh sebuah kegagalan pada sistem dapat diidentifikasi. Pada analisa FMECA, *system block diagram* serta *system design* digunakan untuk identifikasi *local effects* dan *end effects* dari sebuah kegagalan. Serta konsekuensi kegagalan yang memicu terjadinya *function failure*.

Selain itu, dalam menentukan *failure effects* dari sebuah *failure mode* diperlukan data penunjang seperti buku, *paper*, *maintenance manual guideline* dari *main engine* serta data *historical repair* yang telah didokumentasikan sebelumnya.

3.5.4. Menentukan Penyebab Kerusakan (*Failure Mode*)

Failure mode merupakan penyebab kegagalan yang mampu menyebabkan kegagalan fungsi (*functional failure*). Berdasarkan pada **subbab 3.3.1** dijelaskan tentang proses pengumpulan data *historical repair* dari KT. X. Dalam penelitian ini, daftar permintaan perbaikan atau kerusakan yang telah dialami oleh KT. X selama tahun 2014 hingga tahun 2017 digunakan sebagai daftar *failure mode* yang akan dilakukan analisa FMECA.

Diharapkan dengan analisa FMECA dari penelitian ini, maka kegagalan serupa tidak akan terjadi pada tugboat KT. X di masa operasional ke depannya. Selain itu, hasil penelitian ini bisa menjadi rekomendasi perawatan untuk PT. PMS.

3.5.5. Menentukan Tingkat Kekritisan (*Severity*)

Berdasarkan pada **subbab 2.9.5**, dijelaskan empat kategori dalam menentukan tingkat kekritisan atau seberapa serius efek yang ditimbulkan oleh kerusakan (*failure mode*) yaitu *minor*, *major*, *significant* dan *catastrophic*. Dalam penelitian ini tingkat kekritisan diperoleh berdasarkan definisi tiap kerusakan yang terlampir pada **lampiran 3**.

3.5.6. Menilai Frekuensi Kerusakan (*Current Likelihood*)

Berdasarkan pada **subbab 2.9.6**, dijelaskan lima kategori dalam menentukan tingkat frekuensi kerusakan (*failure mode*) yang dialami *main engine* tugboat KT. X dalam tahun 2016. Lima kategori tersebut adalah *improbable*, *remote*, *occasional*, *probable*, dan *frequent*.

Dalam penelitian ini tingkat frekuensi kerusakan diperoleh dari data keandalan pada buku OREDA *Offshore Reliability Data Handbook*. Data keandalan tersebut dikombinasikan dengan deskripsi lima kategori kerusakan yang telah dijelaskan pada **subbab 2.9.6**.

3.6. Penentuan *Critical Equipment*

Salah satu output dari analisa FMECA ini merupakan tingkat kekritisan komponen berdasarkan risiko dan efek yang ditimbulkan apabila terjadi kegagalan. Dalam penyusunan FMECA dibutuhkan beberapa standar meliputi *Severity Level*, *Probability of Failure* dan *Risk Matrix*.

Severity level merupakan tingkatan yang diatur dengan mengacu kepada seberapa serius dampak atau efek dari *failure mode*. *Probability of failure* merupakan tingkatan yang diatur dengan mengacu kepada perbandingan antara jumlah terjadinya kegagalan dengan masa waktu 1 tahun dimana tingkatannya disebut sebagai *Likelihood Descriptor*.

Risk Matrix merupakan tabel level risiko yang disusun berdasarkan kombinasi *severity level* dan *probability of failure*. Standar yang digunakan untuk menentukan *Severity Level*, *Probability of Failure* dan *Risk Matrix* pada tugas akhir ini didapatkan dari buku *ABS Guidance notes on Reliability-Centered Maintenance*.

3.7. Penentuan Level Risiko

Level risiko dari setiap komponen yang dianalisa menggunakan FMECA dari ABS rules didapatkan dari kombinasi antara *severity level* dan *probability of failure (likelihood descriptor)* pada *risk matrix* yang digunakan seperti pada **gambar 3.4**.

Critical	4		HIGH RISK		
Hazardous	3				
Major	2		MEDIUM RISK		
Minor	1	LOW RISK			
		LIKELIHOOD			
		1	2	3	4
		Improbable	Remote	Occasional	Probable
				5	Frequent

Gambar 3.4. Risk Matrix pada metode RCM dengan ABS Rules ¹⁸

3.8. Maintenance Task Allocation and Planning

Maintenance Task Allocation and Planning sebagai salah satu *preventive maintenance guidelines* berfungsi untuk mengatur, merencanakan dan sebagai panduan dalam setiap aktivitas *maintenance* yang dilakukan di kapal beserta komponen-komponen (*equipment*) yang ada. *Maintenance task allocation and planning* disusun berdasarkan standar atau peraturan yang diikuti guna mempertahankan fungsi dan memperpanjang masa operasional kerja sebelum terjadinya kerusakan. Dalam hal ini peraturan dan rekomendasi aktivitas perawatan masing-masing komponen pada *maintenance task allocation and planning* menggunakan standar ABS *Guidance notes on Reliability-Centered Maintenance*.

Dalam tahap ini, analisa yang dilakukan berdasarkan hasil analisa dari FMECA sebelumnya. Berdasarkan hasil analisa tersebut maka ditentukan *proposed actions* atau rekomendasi tindakan perbaikan atau perawatan yang dilakukan terhadap kegagalan yang terjadi. Diharapkan dengan diberlakukannya *proposed actions* dengan baik, maka kondisi komponen dapat kembali seperti semula atau memenuhi kebutuhan spesifik dari komponen itu sendiri.

¹⁸ ABS *Guidance notes on Reliability-Centered Maintenance*, 2004

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4

Analisa Data dan Pembahasan

BAB 4

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Identifikasi Data Penelitian

PT. Pelindo Marine Service (PT. PMS) selaku perusahaan pelayanan jasa pandu dan tunda kapal untuk area Pelabuhan Tanjung Perak memiliki beberapa tugboat sebagai salah satu roda ekonomi perusahaan. Pada **subbab 3.3** telah dijelaskan bahwa langkah pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengumpulan data. Dimana data tersebut diantaranya adalah :

1. Data spesifikasi kapal serta sistem penunjang utama di dalamnya. Data ini digunakan sebagai dasar objek penelitian serta acuan dalam tahap-tahap analisa FMECA baik meliputi identifikasi *failure effects*, *functional failure* serta *main engine characteristic* yang diharapkan dari *main engine* tersebut. Data ini akan dijelaskan lebih lanjut pada **subbab 4.1.3**.
2. Desain sistem atau *system design* awal dari *main engine*. Seperti yang dijelaskan pada **subbab 3.5.3**, dalam penelitian ini penulis melakukan identifikasi pada empat sistem utama dalam *main engine* diantaranya adalah *fuel oil system*, *lubricating oil system*, *cooling water system* dan *compressed air system*. *System design* ini digunakan sebagai salah satu pertimbangan dalam identifikasi dampak atau konsekuensi dari setiap *failure mode* yang terjadi. Data ini dijelaskan lebih lanjut pada **subbab 4.4**.
3. Data operasional kapal tugboat milik PT Pelindo Marine Service selama tahun 2016 digunakan sebagai pertimbangan rekomendasi kapal yang digunakan sebagai objek penelitian. Data ini dijelaskan pada **subbab 4.1.1**.
4. Data catatan kerusakan yang terjadi pada tugboat objek penelitian selama tahun 2014-2017 digunakan sebagai salah satu acuan dalam penelitian ini dalam menentukan *failure mode* yang dilakukan analisa. Penggunaan data ini akan dijelaskan pada **subbab 4.6.1**.

4.1.1. Penentuan Objek Penelitian

Dalam laporan tahunan milik PT. PMS tahun 2016 terkait manajemen perusahaan terdapat data *availability* aset perusahaan khususnya tugboat sebagai salah satu aset utama perusahaan. Berdasarkan pada **gambar 1.3**, telah dijelaskan bahwa KT. X merupakan aset perusahaan yang memiliki tingkat *availability* terendah dari seluruh tugboat milik PT. PMS dengan nilai sebesar 80,01 persen¹⁹. Sehingga KT. X direkomendasikan dan disepakati oleh PT. PMS beserta penulis bahwa aset perusahaan tersebut dapat digunakan sebagai objek penelitian. Berikut dipresentasikan KT. X pada **gambar 4.1**. Tahap selanjutnya adalah pengumpulan data *general specification* dari tugboat KT. X dari PT. PMS. Berikut spesifikasi dari tugboat KT. X terdapat pada **tabel 4.1**.



Gambar 4.1. KT. X milik PT. Pelindo Marine Service ²⁰

Tabel 4.1. *General Specification* dari Tugboat KT. X ²¹

GENERAL		Length Overall	32 m
Vessel Name	KT. X	Length Perpendicular	30.5 m
Kind of Vessel	Tug Boat	Breadth Moulded	10.4 m
Owner	PT. Pelindo Marine Service	Depth Moulded	5 m
		Draft	3.5 m
GT	371	Speed	12 knots

¹⁹ Data *Availability* Tugboat dalam Laporan Tahunan PT. Pelindo Marine Service tahun 2016

²⁰ PT. Pelindo Marine Service, 2017

²¹ Data *Ship Particular* dari aset perusahaan milik PT. Pelindo Marine Service, 2004

4.1.2. Data *Historical Repair* dari Tugboat KT. X

Historical repair merupakan salah satu catatan, data atau berkas yang diperoleh dari perusahaan yang menjadi objek penelitian. Dalam penelitian ini data *historical repair* diperoleh dari PT. PMS, dimana dalam data tersebut mencakup komponen serta detail kerusakan yang harus dilakukan perbaikan oleh perusahaan seperti pada **gambar 4.2**.

Berdasarkan data yang diperoleh, keterangan perbaikan atau detail kerusakan yang terdapat pada data *historical repair* mengacu pada penyebab terjadinya kerusakan pada sistem. Sehingga apabila kerusakan tersebut tidak segera ditangani atau diperbaiki dengan baik, kerusakan mampu menimbulkan efek lebih besar hingga terhentinya operasional kerja kapal. Maka dapat disimpulkan bahwa kerusakan yang terjadi dapat dijadikan acuan sebagai *failure mode* dalam analisa FMECA.

Dalam melengkapi data *historical repair*, Kepala Kamar Mesin (KKM) dapat menyertakan detail kerusakan yang terjadi serta tindakan manual yang telah dilakukan setelah kerusakan terjadi dalam berita acara seperti pada **gambar 4.3 dan gambar 4.4**. Berita acara bisa disertakan apabila diperlukan untuk identifikasi detail kerusakan yang terjadi pada komponen dan tindakan perbaikan yang tepat dilakukan.

Dalam berita acara yang dilampirkan bersama data *historical repair*, juga terdapat catatan dari KKM meliputi identifikasi awal, tindakan manual yang telah dilakukan serta kesimpulan awal terhadap terjadinya kerusakan. Berita acara yang disampaikan oleh KKM ini dapat digunakan sebagai salah satu informasi bantuan dalam identifikasi penyebab kerusakan (*causes*), dampak yang ditimbulkan (*local and end effects*) serta deteksi awal terjadinya kerusakan (*failure detection*) dalam analisa FMECA.

PT. PELINDO MARINE SERVICE

DAFTAR PERMINTAAN PERBAIKAN

PEKERJAAN : perbaikan AE I
UNTUK : KT KRISNA 306 (KIRI) OSINDO (A) TITULI

Dep. Doks/Mesin No. : PT 0020/KRISMA/172016

NO	NAMA URAIAN	SAT. JEN	BANYAKNYA	KETERANGAN
1	OSI AL I	CR	1	Perbaikan AE I putaran lambat, tidak bisa hidup

Dibaca: 22-Apr-2016
Yang Mengetahui
KT KRISNA 306 (KIRI) OSINDO (A) TITULI

Mengapa: 22/4/16
KIRI KRISNA 306 (KIRI) OSINDO (A) TITULI

Yang Mengetahui
KIRI KRISNA 306 (KIRI) OSINDO (A) TITULI

Yang Mengetahui
KIRI KRISNA 306 (KIRI) OSINDO (A) TITULI

Pro. Bp. Sapa:
Keterangan: Bp. telah melakukan Gc
laporan tidak berfungsi ke Bp. 2/16

Gambar 4.2. Data Historical Repair pada Main Engine KT. X ²²

BERITA ACARA KERUSAKAN

NAMA KAPAL
WILAYAH OPERASI : TG. PERAK

Pada hari ini tanggal bulan Tahun , Posisi kapal :

No	Nama	Jabatan
1	STEFANUS ARI A	NAHRODA
2	TRİYONO	KRM

Telah terjadi kerusakan di bagian dengan uraian sebagai berikut :

A. Kronologi

No	Jam	Kronologi
1	07.00	pada waktu mesin AE I akan dihidupkan, mesin AE I tidak mau hidup dan putaran mesin terasa berat, kemudian mesin di coba di putar / torn secara manual sangat berat.

Gambar 4.3. Berita Acara dalam Historical Repair (1) ²³

²² Data permohonan perbaikan dari aset perusahaan milik PT. Pelindo Marine Service selama tahun 2016

²³ Berita acara dari aset perusahaan milik PT. Pelindo Marine Service selama tahun 2016

Divisi Operasi Armada

A. Tindakan awal yang dilakukan :

No.	Jam	Tindakan
1	0730	Mesin di coba di torn tetapi sangat berat memutaranya.

B. Indikasi / penyebab kerusakan :

No.	Indikasi
1	KEAKUSAN PADA METAL DUDUK

C. Element / bagian yang rusak :


No.	Element / bagian	Keterangan


D. Kesimpulan:


Perbaikan di lakukan Top overhoul pd Mesin AE 1 Surabaya di ketahui permasalahan / kerusakan pd mesin JAE I tersebut.

Demikian berita acara ini kami buat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 22-04-2016

Yang membuat,

 TR. YOHAN
 Perwira Jaga

Menyetujui

 STEPHANUS ARI. P
 Nahkoda / KKM

Mengetahui

 Kepala Divisi Operasi Armada

Gambar 4.4. Berita Acara dalam *Historical Repair* (2) ²⁴

Berdasarkan data *historical repair* tersebut, maka dapat digunakan sebagai acuan dalam penyusunan daftar *failure mode* yang terjadi pada *main engine* tugboat KT. X. Daftar *failure mode* tersebut digunakan sebagai salah satu data pendukung analisa dalam penelitian ini. Daftar *failure mode* yang digunakan akan dipresentasikan pada **subbab 4.4.1.**

²⁴ Berita acara dari aset perusahaan milik PT. Pelindo Marine Service selama tahun 2016

4.1.3. Data Spesifikasi *Main Engine* Tugboat KT.X

Berdasarkan data *historical repair*, kerusakan cenderung terjadi pada komponen *main engine*. Sehingga dalam penelitian ini, komponen yang akan dianalisa difokuskan pada *main engine* dengan data kerusakan yang digunakan terdapat dalam *historical repair* KT. X selama tahun 2014-2017.

Main engine merupakan salah satu komponen utama dari kapal sebagai penghasil daya untuk sistem propulsi guna menggerakkan kapal. Terdapat 2 buah *main engine* yang ada di dalam KT. X yang beroperasi secara berdampingan. Dalam penelitian ini, komponen yang dijadikan objek penelitian adalah *main engine* KT. X tersebut. Tahap selanjutnya adalah pengumpulan data spesifikasi dari *main engine* tugboat KT. X dari PT. PMS. Berikut dipresentasikan data spesifikasi dari *main engine* tugboat KT. X pada **tabel 4.2.**

Tabel 4.2. Data Informasi *Main Engine* KT. X ²⁵

MACHINERY	
Main Engine	2 unit Marine Diesel Engine, Caterpillar
Engine Output	2 x 1800 kW
Engine Speed	2 x 720 RPM

4.2. Identifikasi Operasional Dan Konteks Operasi

Tahapan selanjutnya dalam penelitian ini adalah proses identifikasi mode operasi dari *main engine* beserta konteks operasinya. Mode operasi merupakan karakteristik atau keadaan operasional kapal yang harus dicapai. Sedangkan konteks operasi adalah acuan secara fisik tentang dimana dan bagaimana mode operasi tersebut dijalankan. Berdasarkan pada **tabel 4.3** akan dijelaskan mode operasi beserta konteks operasi pada *main engine* KT. X yang telah disusun berdasarkan langkah-langkah pada **subbab 3.5.1.** dan **3.5.2.**

²⁵ PT. Pelindo Marine Service, 2017

Tabel 4.3. Mode dan Konteks Operasi *Main Engine* KT. X

Operating Context of Diesel Engine				
Sistem propulsi dengan tipe <i>high-speed diesel engine</i> secara konsisten diharapkan mampu untuk melayani kebutuhan daya rata-rata sebesar 3600 kW dengan putaran 720 RPM. Kapal dalam kinerjanya berada pada kecepatan operasional 12 knots				
Common Charc.	Operating Modes			
	At Sea	In Congested Waters	Maneuvering Alongside	Cargo Handling
Environmental Parameters	Suhu udara : 25 -32 °C Kelembaban : 62 - 90% <i>Visibility</i> : 9 km	Bergantung pada keadaan geografis lingkungan kerja	Bergantung pada keadaan geografis lingkungan kerja	Tidak digunakan untuk proses bongkar muat
Manner of Use	Sistem propulsi bekerja dari 0 hingga 12 knots dengan kemampuan untuk berbalik arah dan berhenti	Sistem propulsi bekerja dari 0 hingga 12 knots dengan kemampuan untuk berbalik arah dan berhenti	Sistem propulsi bekerja dari 0 hingga 12 knots dengan kemampuan untuk berbalik arah, berhenti dan <i>assist</i> dalam proses tambat kapal	Tidak digunakan untuk proses bongkar muat
Performance Capability	Untuk mendapatkan performa 3600 kW dan putaran <i>engine</i> 720 RPM, kontrol dilakukan secara pusat pada <i>wheel house</i>	Untuk mendapatkan performa 3600 kW dan putaran <i>engine</i> 720 RPM, kontrol dilakukan secara pusat pada <i>wheel house</i>	Untuk mendapatkan performa 3600 kW dan putaran <i>engine</i> 720 RPM, kontrol dilakukan secara pusat pada <i>wheel house</i>	Tidak digunakan untuk proses bongkar muat

4.3. Penyusunan *Functional Hierarchy* M/E KT. X

Pada **tabel 4.3** telah dijelaskan tentang operasional yang dilakukan pada *main engine*. Mengingat di dalam kapal terdapat banyak sistem yang kompleks, diperlukan pengklasifikasian ke dalam sistem fungsi. Klasifikasi fungsi menggunakan standar NORSOK Z-008 revisi 2011 seperti yang dijelaskan pada **subbab 3.4**. Klasifikasi dilakukan berdasarkan grup fungsi, sistem yang spesifik, sub-sistem dan komponen (*equipments*) dipresentasikan seperti pada **lampiran 1**.

4.4. Identifikasi *System Block Diagrams*

System block diagrams merupakan sebuah metode yang digunakan untuk mempresentasikan keterkaitan fungsi antar sistem dan komponen dalam sebuah *main engine*. Dengan adanya *system block diagram* juga dapat diketahui efek dan urutan kejadian yang akan dan mungkin terjadi akibat terjadinya kegagalan pada sebuah aset atau komponen. Sehingga apabila terjadi kegagalan, sistem atau komponen lain yang akan terpengaruh terhadap kegagalan tersebut dapat diketahui dari *system block*).

Dalam penelitian ini, asset fisik yang digunakan sebagai objek penelitian adalah *main engine*. Terdapat beberapa sistem utama yang menunjang kinerja atau operasional dari *main engine*. Sehingga dalam penelitian ini, *system block diagram* akan dikategorikan ke dalam beberapa bagian dari sistem utama yang terdapat pada *main engine*, diantaranya:

- 1) *Fuel oil system* (sistem bahan bakar)
- 2) *Engine lubricating oil system* (sistem pelumasan M/E)
- 3) *Engine cooling system* (sistem pendingin M/E)
- 4) *Compressed air system* (sistem udara bertekanan atau udara start dari *main engine*)

System block diagram dalam penelitian ini dipresentasikan pada **lampiran 2**.

4.5. Identifikasi *Function and Functional Failure*

Langkah selanjutnya adalah identifikasi fungsi/ karakteristik/ spesifikasi dari *main engine*. Tahap ini dilakukan untuk mengetahui fungsi apa saja yang ada dan diharapkan *owner* terhadap *main engine* beserta kegagalan fungsi yang terjadi. Identifikasi fungsi dari *main engine* dapat dilakukan dengan berpanduan pada beberapa hal seperti data spesifikasi manufaktur dan *owner requirements*.

Dalam penelitian ini, *functional failure* atau kegagalan fungsi dari *main engine* diartikan sebagai ketidakmampuan *main engine* memenuhi performa yang dibutuhkan oleh PT. Pelindo Marine Service meliputi daya *output*, putaran, karakteristik serta spesifikasi dari *main engine* yang diperoleh dari *product guide manufacture*.

Berdasarkan langkah-langkah pada **subbab 3.5.3**, maka diperoleh hasil seperti pada **tabel 4.4 dan tabel 4.5**.

Tabel 4.4. Fungsi dan Kegagalan Fungsi dari *Main Engine* KT. X (1)

MAIN ENGINE				
Function			Functional Failure	
Item No.	Function Statement	Function Type	Item No.	Functional Failure Statement
1.	<i>Main Engine</i> (M/E) mampu menghasilkan daya 3600 kW	Primary	1.1.	<i>Main Engine</i> tidak menghasilkan daya 3600 kW untuk sistem propulsi
			1.2.	Daya <i>main engine</i> yang dihasilkan untuk sistem propulsi lebih dari 3600 kW
			1.3.	Daya <i>main engine</i> yang dihasilkan untuk sistem propulsi kurang dari 3600 kW
2.	<i>Main Engine</i> (M/E) bekerja pada putaran 720 RPM pada kecepatan operasional	Primary	2.1.	<i>Main Engine</i> tidak menghasilkan putaran 720 RPM pada saat operasional
			2.2.	Putaran <i>main engine</i> yang dihasilkan untuk sistem propulsi lebih dari 720 RPM
			2.3.	Putaran <i>main engine</i> yang dihasilkan untuk sistem propulsi kurang dari 720 RPM
3.	Temperatur inlet pada fuel oil system ke M/E sebesar 150 °C, pressure inlet 5 bar	Primary	3.1.	<i>Fuel oil inlet temperature</i> M/E kurang dari 150 °C pada saat operasional
			3.2.	<i>Fuel oil inlet temperature</i> M/E lebih dari 150 °C pada saat operasional
			3.3.	<i>Fuel oil inlet pressure</i> M/E kurang dari 5 bar pada saat operasional
			3.4.	<i>Fuel oil inlet pressure</i> M/E lebih dari 5 bar pada saat operasional

Tabel 4.5. Fungsi dan Kegagalan Fungsi dari *Main Engine* KT. X (2)

MAIN ENGINE				
Function			Functional Failure	
Item No.	Function Statement	Function Type	Item No.	Functional Failure Statement
4.	Temperatur inlet pada lube oil system ke M/E sebesar 60 °C, pressure inlet 4 bar	Primary	4.1.	<i>Lube oil inlet temperature</i> M/E kurang dari 60 °C pada saat operasional
			4.2.	<i>Lube oil inlet temperature</i> M/E lebih dari 60 °C pada saat operasional
			4.3.	<i>Lube oil inlet pressure</i> M/E kurang dari 4 bar pada saat operasional
			4.4.	<i>Lube oil inlet pressure</i> M/E lebih dari 4 bar pada saat operasional
5.	Temperatur outlet pada fresh water cooling system sebesar 90 °C, pressure inlet min/max 2,5/6 bar	Primary	5.1.	<i>Temperatur outlet and pressure inlet</i> pada <i>fresh water cooling system</i> kurang dari spesifikasi <i>technical data</i>
			5.2.	<i>Temperatur outlet and pressure inlet</i> pada <i>fresh water cooling system</i> lebih dari spesifikasi <i>technical data</i>
6.	Temperatur inlet pada air cooler ke M/E sebesar 38 °C	Primary	6.1.	<i>Air cooler inlet temperature</i> M/E kurang dari 38 °C pada saat operasional
			6.2.	<i>Air cooler inlet temperature</i> M/E lebih dari 38 °C pada saat operasional
7.	Starting air pressure min/max 10/30 bar, air consumption per start 0.8 N/m ³	Primary	7.1.	<i>Starting air pressure and air consumption per start</i> pada <i>starting air system</i> kurang dari spesifikasi <i>technical data</i>
			7.2.	<i>Starting air pressure and air consumption per start</i> pada <i>starting air system</i> lebih dari spesifikasi <i>technical data</i>

4.6. Analisa *Failure Mode, Effects and Criticality Analysis*

Setelah mengetahui fungsi dari *main engine* KT.X beserta kegagalan fungsi yang telah terjadi, maka selanjutnya dilakukan analisa *Failure Mode, Effects and Criticality Analysis* (FMECA) menggunakan standar *ABS Guidance notes on Reliability-Centered Maintenance*. Analisa FMECA dilakukan dengan pendekatan *bottom-up* dengan menitikberatkan pada efek yang mungkin ditimbulkan oleh kegagalan fungsi peralatan terhadap sistem secara keseluruhan. Berikut adalah langkah yang dilakukan dalam analisa FMECA dengan pendekatan *bottom-up*:

1. Pemilihan komponen dari *main engine* sebagai objek penelitian
2. Mengidentifikasi penyebab kegagalan yang mungkin terjadi (*failure mode*) dari komponen *main engine*
3. Menentukan karakteristik kegagalan (pada **subbab 2.6.4**)
4. Menentukan tingkatan dampak dari *failure mode*
5. Apabila kegagalan memiliki konsekuensi yang tinggi, maka dilakukan identifikasi dari *failure mode*
6. Menentukan tingkat kekritisian *failure mode* menggunakan standar penilaian risiko
7. Mengulangi langkah yang diperlukan hingga seluruh komponen dan kegagalan fungsi telah dievaluasi

4.6.1. Menentukan *Failure Mode*

Daftar *failure mode* yang dihasilkan mencakup penyebab kegagalan sebelumnya, yang mungkin terjadi dan keseluruhan kemungkinan penyebab kegagalan yang tidak diperhitungkan. Dalam penelitian ini, *failure mode* diperoleh dari beberapa sumber, diantaranya:

- Data *historical repair* KT. X
- Rekomendasi manufaktur
- Data penunjang *maintenance plan* dari PT. PMS.

Tabel 4.6. Daftar *failure mode* dari *main engine* Tugboat KT. X ²⁶ (1)

No.	<i>Failure Mode Main Engine Tugboat KT. X</i>
1.1	Kebocoran pada pipa cooler
1.2	Kerusakan cylinder head and seal
1.3	Kerusakan cylinder liner
1.4	Kerusakan seal lube oil crankshaft
1.5	Main Engine tidak bisa start (injection pump trouble)
1.6	Kebocoran pada jacket cooling
1.7	Exhaust gas berwarna hitam pekat
1.8	Kerusakan air intake manifold
1.9	Kerusakan exhaust manifold (bocor)
1.10	Filter fuel injection terhambat
1.11	Fuel injection pump (perlu kalibrasi)
1.12	Fuel injection pump inlet and exhaust valve pipe repair
1.13	Fuel injection pump pipe repair
1.14	Perbaikan pipa isap pompa cooler M/E
1.15	Kerusakan pipa inlet cooler M/E
1.16	Kerusakan pipa outlet cooler M/E (keropos)
1.17	Penggantian pipa air tawar expansion tank
1.18	Kerusakan termostat cooler
1.19	Kerusakan heat exchanger
1.20	Engine overheating
1.21	Pipa dan strainer cooling system dari sea chest M/E rusak
1.22	Kerusakan pompa seawater cooler
1.23	Kerusakan pipa fuel oil transfer pump
1.24	Kerusakan pipa inlet lube oil transfer pump
1.25	Kerusakan evaporator pendingin kamar mesin

²⁶ Data *historical repair* dari aset perusahaan milik PT. Pelindo Marine Service, 2004

Tabel 4.7. Daftar *failure mode* dari *main engine* Tugboat KT. X ²⁷ (2)

No.	<i>Failure Mode Main Engine Tugboat KT. X</i>
1.26	Kerusakan governor M/E
1.27	Kapasitas udara dalam tabung reservoir (botol angin) tidak maksimum
1.28	Kapasitas udara dalam tabung reservoir (botol angin) tidak maksimum (kerusakan pipa menuju reservoir)
1.29	Kerusakan intercooler
1.30	Pressure lube oil turun (degradasi performa pompa)
1.31	Pressure lube oil turun (kerusakan pipa inlet lube oil)

4.6.2. Menentukan *Failure Effects*

Dalam identifikasi *failure effects* atau efek kerusakan yang ditimbulkan harus dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu:

1. Efek lokal atau awal (*local effects*) terhadap sistem atau komponen yang dianalisis harus meliputi metode pendeteksian kegagalan yang dilakukan seperti alarm atau *indicator test*, penurunan tingkat kinerja komponen, serta memastikan apakah ada sistem dengan fungsi sama yang *stand by*. Dalam penelitian ini, penentuan *local effects* yang terjadi diperoleh dari ABS, data dari PT. PMS, buku dan literatur lain yang diperlukan
2. Efek selanjutnya yang ditimbulkan pada sistem harus mencakup potensi kerusakan yang mungkin terjadi pada peralatan atau sistem, dan kerusakan peralatan lainnya baik yang ada dalam sistem maupun di sekitarnya
3. Efek akhir atau lanjutan (*end effects*) dari kegagalan komponen akan mencakup potensi ancaman terhadap keselamatan dan lingkungan, efektivitas operasional kapal serta *downtime* yang diperlukan untuk memperbaiki kerusakan yang terjadi.

²⁷ Data *historical repair* dari aset perusahaan milik PT. Pelindo Marine Service, 2004

Dalam penelitian ini, *failure effects* pada setiap *failure modes* didapatkan dari identifikasi *system block diagram*. Sehingga dapat diketahui efek keterkaitan antar komponen yang dapat dan mungkin terjadi apabila terjadi kegagalan.

4.6.3. Menentukan Tingkat Kekritisitas Dari *Failure Modes*

Dalam menentukan tingkat konsekuensi, frekuensi serta *risk matrix* pada analisa FMECA menggunakan standar RCM ABS Rules, maka digunakan standar yang telah dipresentasikan pada Section 6 buku *ABS Guidance notes on Reliability-Centered Maintenance*.

Penentuan tingkat kekritisitas dari setiap *failure mode* dalam analisa FMECA dapat dilakukan secara kuantitatif maupun kualitatif. Dalam penelitian ini penentuan tingkat kekritisitas menggunakan metode kualitatif. Berdasarkan pada Section 7/4.4.ii buku *ABS Guidance notes on Reliability-Centered Maintenance*, metode kualitatif dapat digunakan ketika data kuantitatif berupa *reliability data of component* tidak tersedia untuk menentukan kemungkinan terjadinya kegagalan. Sehingga dalam penerapannya, *engineering judgement* dapat dilakukan dengan berdasarkan data histori kerusakan sebelumnya seperti pada **gambar 3.4**. Apabila digunakan metode kualitatif, maka diperlukan penentuan *severity classification*, *probability of occurrence* dan *risk matrix*.

Sesuai dengan **subbab 3.5.5 dan 3.5.6**, dalam melakukan analisa tingkat kekritisitas dari tiap *failure mode* yang terjadi pada komponen diperlukan beberapa klasifikasi yang digunakan antara lain *classification of functional group*, *definition of severity level* serta *current likelihood*.

Berdasarkan pada **lampiran 3**, dilakukan klasifikasi serta pendefinisian dari setiap tingkat konsekuensi yang ditimbulkan akibat terjadinya kegagalan komponen.

Dari data klasifikasi tersebut, kemudian dijadikan acuan dalam analisa FMECA sebagai tingkat kekritisitas dari setiap *failure mode* yang terjadi. Selanjutnya ditentukan pendefinisian *probability of occurrence* seperti yang telah dipresentasikan pada **tabel 2.1**.

Berdasarkan **tabel 2.1**, tingkat *probability of occurrence* dibedakan menjadi lima yaitu:

1. *Improbable*, dimana diartikan bahwa probabilitas kegagalan tunggal terhadap masing-masing operasi komponen dimungkinkan sangat kecil terjadi. Frekuensi kegagalan jenis ini berada pada nilai antara 0.0001-0.001 dari keseluruhan kejadian kerusakan komponen dalam satu tahunnya (365 hari).
2. *Remote*, dimana diartikan bahwa probabilitas kegagalan tunggal terhadap masing-masing operasi komponen dimungkinkan kecil terjadi. Frekuensi kegagalan jenis ini berada pada nilai antara 0.001-0.01 dari keseluruhan kejadian kerusakan komponen dalam satu tahunnya (365 hari).
3. *Occasional*, dimana diartikan bahwa probabilitas kegagalan tunggal terhadap masing-masing operasi komponen kadang-kadang terjadi. Frekuensi kegagalan jenis ini berada pada nilai antara 0.01-0.1 dari keseluruhan kejadian kerusakan komponen dalam satu tahunnya (365 hari).
4. *Probable*, dimana diartikan bahwa probabilitas kegagalan tunggal terhadap masing-masing operasi komponen dimungkinkan terjadi. Frekuensi kegagalan jenis ini berada pada nilai antara 0.1-1 dari keseluruhan kejadian kerusakan komponen dalam satu tahunnya (365 hari).
5. *Frequent*, dimana diartikan bahwa probabilitas kegagalan tunggal terhadap masing-masing operasi komponen sering terjadi. Frekuensi kegagalan jenis ini berada pada nilai antara 0.1-1 dari keseluruhan kejadian kerusakan komponen dalam satu tahunnya (365 hari).

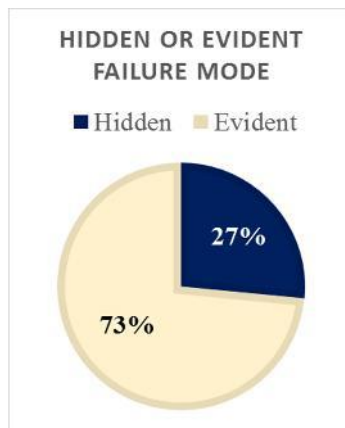
Setelah melakukan identifikasi *severity* dan *likelihood*, maka dilakukan konversi ke *risk matrix* sesuai pada **gambar 3.4**. Apabila analisa keseluruhan telah selesai dilakukan, maka dapat dipresentasikan hasil analisa FMECA seperti pada **lampiran 4**.

4.7. Analisa Maintenance Task Allocation and Planning

Apabila analisa FMECA telah selesai dilakukan, maka tahap selanjutnya adalah analisa *maintenance task allocation and planning*. Berdasarkan pada **gambar 2.12**, pada tahap ini dilakukan identifikasi *failure mode* dalam hal tipe kegagalan (*hidden or evident failure*) serta *proposed actions* terhadap masing-masing *failure mode*.

4.7.1. Hidden or Evident Failure

Seperti yang dijelaskan pada **subbab 2.10.3**, *hidden or evident failure* akan menjelaskan bahwa kegagalan tersebut menimbulkan efek langsung atau tidak langsung terhadap performa sistem. Dari hasil analisa *maintenance task allocation and planning* pada **lampiran 5**, maka diperoleh tingkat jenis kegagalan seperti dipresentasikan pada **gambar 4.7**.



Gambar 4.5. Persentase Hidden or Evident Failure Mode

Berdasarkan pada **gambar 4.7**, teridentifikasi sebesar 73,47% dari keseluruhan *failure mode* memiliki jenis *evident failure*, sedangkan 26,53% teridentifikasi sebagai *hidden failure*.

Berdasarkan hasil tersebut, maka perusahaan direkomendasikan untuk mengidentifikasi dan melakukan perawatan lebih lanjut terhadap *failure mode* tersebut sesuai dengan *proposed actions* yang akan diidentifikasi pada tahap selanjutnya. Hal ini dikarenakan jenis *evident failure mode* mampu meningkatkan konsekuensi dampak yang ditimbulkan oleh setiap kegagalan yang terjadi terhadap terhadap performa maupun sistem secara keseluruhan.

4.7.2. *Proposed Actions*

Tujuan dilakukan analisa ini adalah untuk menentukan *proposed actions* atau tindakan yang diperlukan untuk mengidentifikasi atau memperbaiki kegagalan yang terjadi berdasarkan standar yang telah ditentukan. Analisa *proposed actions* pada tahap ini mengacu pada langkah-langkah seperti yang dijelaskan pada **subbab 2.10**. Dalam penelitian ini *proposed actions* menggunakan standar ABS Rules serta *logic tree analysis* yang ada dalam standar tersebut. Selain itu, dalam menentukan *proposed actions* dari sebuah *failure mode* diperlukan data penunjang seperti buku, *paper*, *maintenance manual guideline* dari *main engine* serta data *historical repair* yang telah didokumentasikan sebelumnya. Hasil identifikasi *proposed actions* dipresentasikan pada **lampiran 5**. Dalam penyusunan *proposed action* menggunakan standar ABS Rules, terdapat *task procedure* dari rekomendasi tindakan *maintenance* yang dilakukan. Dalam penelitian ini, prosedur yang diberikan berdasarkan standar ABS. *Task procedure* dipresentasikan dalam **lampiran 9**.

Selanjutnya berdasarkan hasil analisa *maintenance task allocation and planning*, akan disimpulkan ke dalam *summary of maintenance task*. Dalam tahap ini, setiap *failure mode* yang telah dilakukan identifikasi tindakan perawatan (*task list*) akan dilakukan pemilihan kebijakan perawatan (*task selection*). Task selection dilakukan untuk menentukan tindakan atau keputusan perawatan yang diterapkan merupakan jenis perawatan yang tepat (*task type*), efektif serta efisien. Pemilihan jenis perawatan yang tepat ini menggunakan tahapan yang dijelaskan dari *logic tree analysis* yang digunakan. Sehingga diharapkan dengan adanya pemilihan jenis perawatan yang tepat, maka rekomendasi perawatan juga berjalan dengan baik.

Efektif diartikan bahwa tindakan perawatan yang dilakukan diharapkan mampu untuk mendeteksi kegagalan yang akan terjadi atau menemukan *hidden failure*. Sehingga dalam operasionalnya, kegagalan dapat dicegah serta diatasi dengan baik. Efisien diartikan bahwa tindakan perawatan yang dilakukan memiliki nilai ekonomis atau memiliki nilai profit apabila dilihat dari perbandingan biaya total perawatan (*maintenance cost*) dengan biaya yang dikeluarkan apabila terjadi kerusakan (*repair cost*).

Setiap tindakan perawatan yang direkomendasikan untuk mengatasi *failure mode* yang terjadi pada analisa FMECA akan dibagi menjadi beberapa kategori. Pengkategorian ini sesuai dengan jenis perawatan atau (*task type*) yang tepat berdasarkan hasil penelitian (*maintenance recommendation*). Diantaranya adalah jenis perawatan *preventive maintenance* (PM), *condition monitoring* (CM), *failure finding* (FF) dan *one-time change* (OTC). Tahapan dalam pengkategorian jenis perawatan berdasarkan *logic tree analysis* dalam buku *ABS Guidance Notes On Reliability-Centered Maintenance*. *Logic tree analysis* dipresentasikan pada serta hasil analisa pada tahap *summary of maintenance task* dipresentasikan pada **lampiran 6**. Sedangkan *record* hasil analisa pada penelitian ini yang menggunakan *logic tree analysis* dipresentasikan dalam **lampiran 8**. Berikut merupakan hasil dari tahap *summary of maintenance task* yang ditunjukkan pada **tabel 4.8**.

Tabel 4.8. Rekapitulasi pada tahap *summary of maintenance task*

Percentage of Maintenance Category		
Maintenance Category	Failure Mode	
	Jumlah	Prosentase (%)
A	45	59.21%
B	20	26.32%
C	11	14.47%
Jumlah Tasklist	76	100.00%

Seperti yang dijelaskan pada **subbab 2.11.1**, bahwa setiap tindakan perawatan yang dilakukan (*tasklist*) dikategorikan ke dalam tiga kategori berdasarkan pihak, prosedur dan tempat dilakukannya tindakan perawatan tersebut. Berdasarkan pada **tabel 4.8** dipresentasikan bahwa pada kategori A memiliki prosentase 58,70% dengan terdapat 54 *tasklist*, kategori B memiliki prosentase 29,35% dengan terdapat 27 *tasklist*, dan kategori C memiliki prosentase 11,96% dengan terdapat 11 *tasklist*. Kategori A merupakan kategori *tasklist* dimana setiap tindakan perawatan bisa serta diizinkan untuk langsung dikerjakan atau dilakukan oleh petugas perawatan kapal atau kru kapal itu sendiri (*vessel crew*).

Kategori A memiliki prosentase tertinggi dikarenakan sebagian besar tindakan perawatan yang direkomendasikan untuk dilakukan bisa dikerjakan pada saat itu juga oleh *vessel crew* tanpa perlu didampingi oleh surveyor, vendor, peralatan yang kompleks atau *dry dock facility*. Selain itu, tindakan yang masuk dalam kategori A merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan secara berkala dan kontinu sepanjang tugboat dalam masa operasionalnya. Sehingga hal ini merupakan kewajiban serta tanggung jawab dari *owner ship* dimana dalam hal ini dilakukan oleh pihak kru kapal itu sendiri.

Pada tahap *summary of maintenance task*, setiap tindakan perawatan (*tasklist*) dilakukan analisa untuk menentukan jenis perawatan (*task type*) yang tepat. Setiap *tasklist* dikategorikan ke dalam masing-masing jenis perawatan berdasarkan *logic tree analysis* dalam buku *ABS Guidance Notes On Reliability-Centered Maintenance*. Berikut merupakan hasil penentuan jenis perawatan (*task type*) dari tahap *summary of maintenance task* ditunjukkan pada **tabel 4.9**.

Tabel 4.9. Rekapitulasi *Task Type* Pada Setiap *Maintenance Category*

Maintenance Category A		
Task Type	Jumlah	Prosentase (%)
Preventive Maintenance (PM)	22	28.95%
Condition Monitoring (CM)	15	19.74%
Failure Finding (FF)	4	5.26%
One-Time Change (OTC)	4	5.26%
Jumlah Tasklist	45	59.21%

Maintenance Category B		
Task Type	Jumlah	Prosentase (%)
Preventive Maintenance (PM)	8	10.53%
Condition Monitoring (CM)	0	0.00%
Failure Finding (FF)	11	14.47%
One-Time Change (OTC)	1	1.32%
Jumlah Tasklist	20	26.32%

Maintenance Category C		
Task Type	Jumlah	Prosentase (%)
Preventive Maintenance (PM)	0	0.00%
Condition Monitoring (CM)	0	0.00%
Failure Finding (FF)	8	10.53%
One-Time Change (OTC)	3	3.95%
Jumlah Tasklist	11	14.47%

Berdasarkan pada **tabel 4.9** dipresentasikan bahwa pada kategori A yang merupakan kategori dengan jumlah *tasklist* tertinggi, juga memiliki jenis perawatan dengan kategori *preventive maintenance* (PM) terbanyak diantara kategori lain. Jenis perawatan *preventive maintenance* memiliki jumlah yang tinggi dikarenakan berdasarkan hasil analisa rekomendasi perawatan terdapat beberapa *tasklist* baru yang diharapkan mampu untuk menunjang keandalan pada masing-masing komponen dalam masa operasionalnya.

Pada langkah selanjutnya, dilakukan analisa perbandingan (*study comparison*) hasil analisa rekomendasi perawatan yang dilakukan oleh penulis (*maintenance recommendation*) terhadap perawatan yang telah dilakukan di lapangan (*existing maintenance*) pada setiap komponen yang dilakukan analisa RCM. Hasil analisa pada *study comparison* dipresentasikan pada **tabel 4.10**.

Tabel 4.10. Rekapitulasi *Task Type* Pada *Study Comparison*

Summary of Maintenance Recommendation		
Task Type	Jumlah	Prosentase (%)
Preventive Maintenance (PM)	30	39.47%
Condition Monitoring (CM)	15	19.74%
Failure Finding (FF)	23	30.26%
One-Time Change (OTC)	8	10.53%
Jumlah Tasklist	76	100.00%

BAB 5

Kesimpulan dan Saran

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Pada tugas akhir ini, digunakan metode *reliability centered maintenance* dalam analisa penyebab serta menentukan jenis perawatan yang tepat dari setiap *failure mode* yang menjadi objek analisa. Dalam tugas akhir ini, *failure mode* merupakan daftar *historical repair* atau daftar kerusakan yang pernah terjadi dan dimungkinkan terjadi pada *main engine* tugboat KT. X selama tahun 2014-2017. Berdasarkan analisa *maintenance task allocation and planning*, maka diperoleh hasil sebagai berikut:

- 1) Terdapat 3 jenis kategori kegiatan perawatan (*task categories*) yang dilakukan dalam pelaksanaan *tasklist*. Kategori A memiliki sebanyak 45 jenis *tasklist*. Kategori B memiliki sebanyak 20 jenis *tasklist*. Dan kategori C memiliki sebanyak 11 jenis *tasklist*.
- 2) Dalam ketiga jenis *task categories* tersebut, terdapat 76 jenis *tasklist* yang diperoleh berdasarkan analisa *maintenance task allocation and planning*. Dimana prosentase jenis perawatan dari masing-masing *failure mode (tasktype)* Preventive Maintenance (PM) sebesar 39,47%, Condition Monitoring (CM) sebesar 19,74%, Finding Failure (FF) sebesar 30,26% dan One-Time Change (OTC) sebesar 10,53%. Tindakan *preventive maintenance* menjadi rekomendasi utama yang dilakukan sebagai langkah perawatan dan diharapkan dapat memperpanjang waktu operasional dari masing-masing komponen.
- 3) *Tasklist visual inspection, cleaning of contaminant and hydrostatic pressure test* banyak direkomendasikan dan menjadi *tasklist* dengan jumlah kegiatan perawatan tertinggi. Hal ini dikarenakan sebagian besar *failure mode* yang terjadi pada Tugboat KT.X merupakan kerusakan pipa, valve, dan pompa. Sehingga dalam mendeteksi terjadinya kerusakan, kebocoran atau identifikasi karakteristik dari komponen, dapat dilakukan *tasklist* tersebut.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil dari tugas akhir ini, masih banyak hal yang menjadi pertimbangan dan perbaikan untuk pengembangan hasil penelitian yang lebih akurat. Dengan hasil analisa dan rekomendasi perawatan dari penelitian ini, diharapkan dapat menjadi salah satu *improvement* dalam kegiatan perawatan *main engine* tugboat KT. X milik PT. Pelindo Marine Service. Beberapa hal yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1) Diharapkan ke depannya PT. Pelindo Marine Service, khususnya divisi pemeliharaan melakukan kegiatan perawatan sesuai dengan ketentuan yang berlaku baik dari manufaktur, klas (BKI) dan rekomendasi perawatan tambahan dalam mengatasi setiap kegagalan (*failure*) yang terjadi dengan tepat pada waktu rekomendasi perawatan.
- 2) Dalam pengembangan penelitian ini diperlukan data kerusakan beserta data keseluruhan sub-sistem pendukung *main engine* tugboat KT. X.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

ABS, 2003. *ABS Guide for Survey Based On Reliability-Centered Maintenance*, USA: American Bureau of Shipping.

ABS, 2004. *ABS Guidance Notes On Reliability-Centered Maintenance*, USA: American Bureau of Shipping.

Artakusuma, A., 2012. Analisis Import Container Dwelling Time Di Pelabuhan Peti Kemas Jakarta International Container Terminal (JICT) Tanjung Priok. *Teknik Sipil ITB Bandung*.

Assauri, S., 2004. *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta: Lembaga Penerbit FEUI.

Aulia Ahmad, M. M., 2016. Analisis Sistem Antrian Kapal Pengangkut Barang di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. *FMIPA, ITS Surabaya*.

BKPM, 2016. *Layanan Jasa Kepelabuhan Di PT. Pelabuhan Indonesia III (Persero)*, Surabaya: PT. Pelindo III.

Corder, A. S., 1996. *Teknik Manajemen Pemeliharaan*. Jakarta: Erlangga.

Deepak Prabhakar P., D. J. R. V., 2014. CBM, TPM, RCM and A-RCM - A Qualitative Comparison of Maintenance Management Strategies. *Dept. of Management Studies & Research, Karpagam University, Coimbatore & DGM (Mechanical), Mangalore Refinery & Petrochemical Ltd.*

Dhillon, B. S., 1997. *Reliability Engineering in System Design and Operation*. New York: The McGraw Hill Company Inc..

DNV, 2011. *Shipping And Offshore Activity Data For Australian Ports And Waters*, Australia: Det Norske Veritas.

Ebeling, C., 1997. *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. New York: The McGraw Hill Company inc.

F.S. Nowlan, H. H., 1978. *Reliability Centered Maintenance*. San Fransisco: Dolby Access Press.

G. Niu, B. Y. M. P., 2010. Development of an optimized condition-based maintenance system by data fusion and reliability-centered maintenance. *Elsevier*.

KEMENHUB, 2014. *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor : 93 Tahun 2014 Tentang Sarana Bantu Dan Prasarana Pemanduan Kapal*, Jakarta: Menteri Perhubungan Republik Indonesia.

KEMENHUB, 2015. *Keputusan Menteri Perhubungan Nomor : KM 57 Tahun 2015 Tentang Pemanduan Dan Penundaan Kapal*, Jakarta: Menteri Perhubungan Republik Indonesia.

KP3EI, 2013. *Brief Perspective on National and International Shipping Network in Indonesia*, Jakarta: Tim Kerja Konektivitas KP3EI.

KPPBC, 2016. *Performansi Dwelling Time Lima Pelabuhan Besar Di Indonesia dan Langkah-langkah Penanganan*, Surabaya: Direktorat Jenderal BEA dan CUKAI.

Lewis, E. E., 1987. *Introdution to Reliability Engineering*. 2nd Edition penyunt. s.l.:John Wiley & Sons, Inc.

MARCON, 2016. *MARCON International Tug Market Report*, U.S.A: MARCON International, Inc.

MLIT, 2012. *White Paper On Land Infrastructure, Transport And Tourism In Japan*, Japan: Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism.

Moubray, J., 1997. *Reliabilility Centered Maintenance*. 2nd Edition penyunt. New York: Industrial Press Inc..

NORSOK, 2011. *NORSOK Standard Risk Based Maintenance and Consequence Classification*. 3rd penyunt. Norway: NORSOK Standard.

PELINDO, 2015. *Laporan Tahunan Pelindo III*, Surabaya: PT. Pelindo III (Persero).

PMS, P., 2016. *Data Availability dan Utilisasi*, Surabaya: PT. Pelindo Marine Service.

Priyanta, D., 2000. *Keandalan dan Perawatan*. Surabaya: Jurusan Sistem Perkapalan ITS.

PTSMI, 2014. *SMI Insight Triwulan III-2014*, Jakarta: PT. Sarana Multi Infrastruktur (Persero).

Rizkikurniadi, F. P., 2013. Studi pengurangan Dwelling Time Petikemas Impor Dengan Pendekatan Simulasi (Studi Kasus : Terminal Petikemas Surabaya). *Fakultas Teknologi Kelautan, ITS Surabaya*.

Taloka, D. M., 2013. Analysis of Import Container Dwelling Time In Surabaya Container terminal (TPS) Port Of Tanjung Perak. *International Civil Engineering Management, ITS Surabaya*.

TEMPO, 2016. *Dwelling Time Indonesia*, Jakarta: TEMPO.

LAMPIRAN 1

Functional Hierarchy

PLANT

SHIP

FUNCTIONAL GROUP

HULL

MACHINERY

**CARGO
HANDLING**

SYSTEMS

**MANEUVERING
SYSTEMS**

**PROPULSION
SYSTEMS**

**ELECTRICAL
SYSTEMS**

**NAVIGATION &
COMMUNICATION**

SUB SYSTEMS

PROPELLER

**REDUCTION
GEAR**

**DIESEL
ENGINE**

**PROPELLER
SHAFTING**

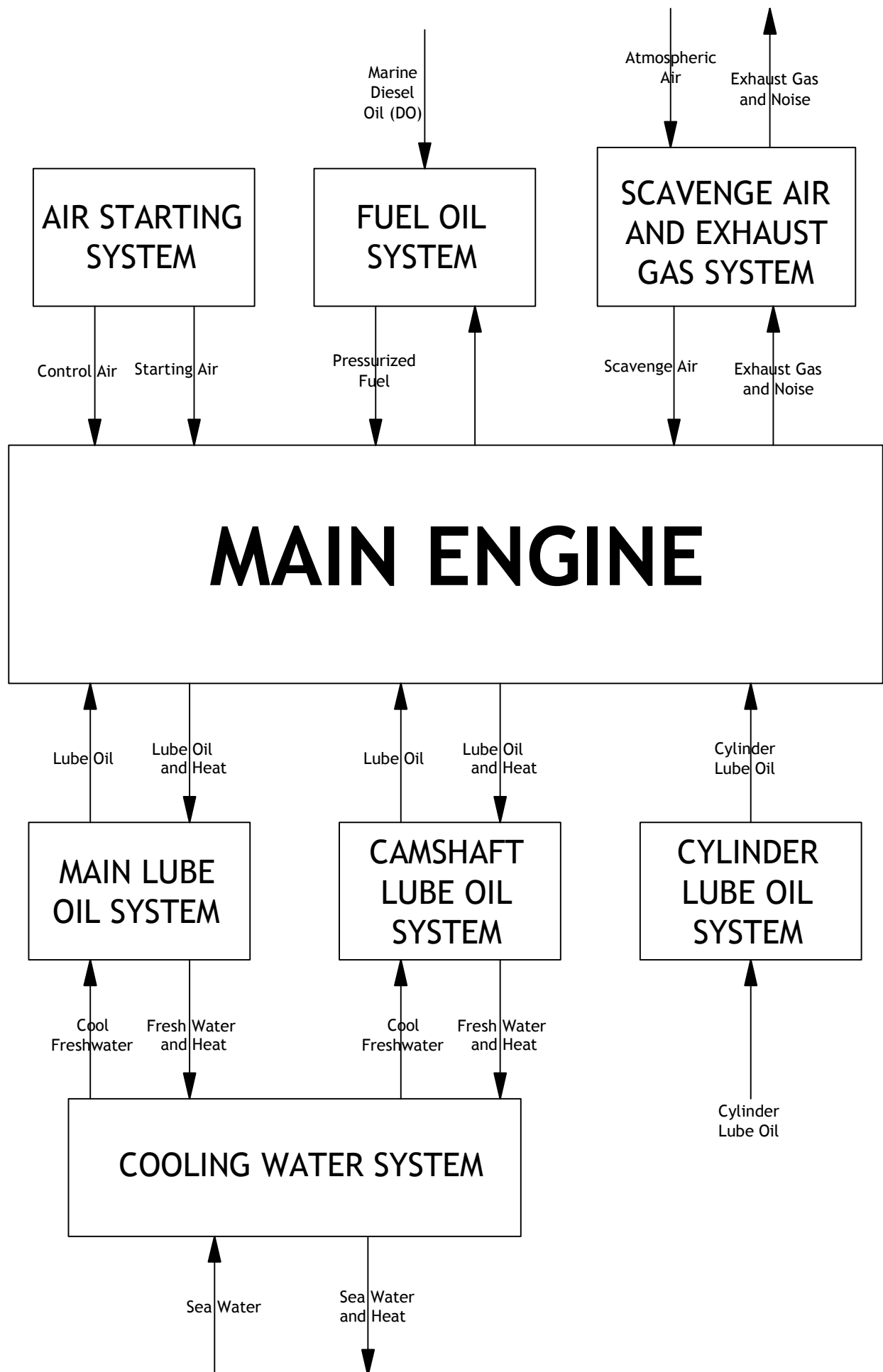
COMPONENTS

**MAIN
ENGINE**

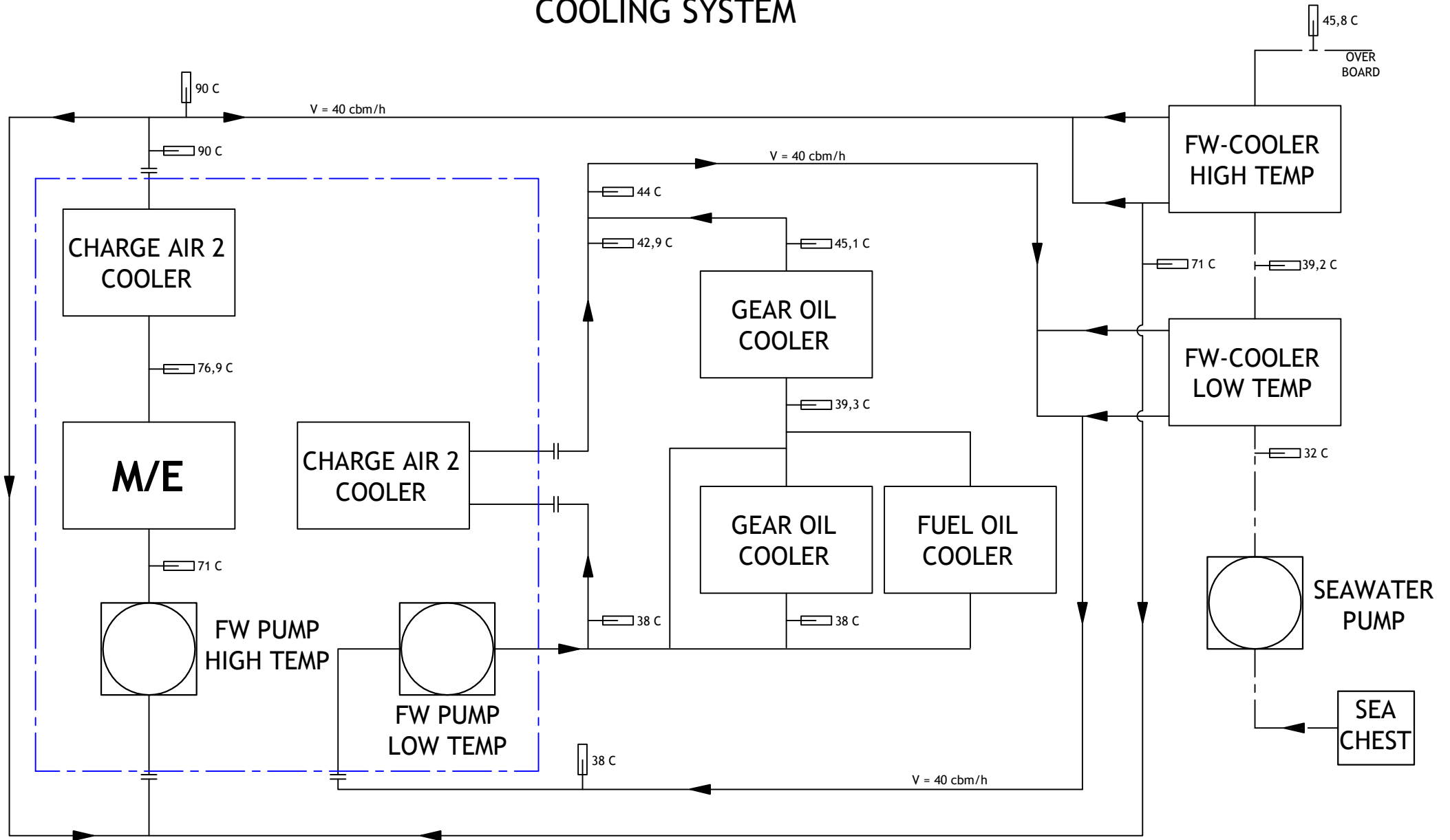
**ENGINE SUPPORT
SYSTEMS**

LAMPIRAN 2

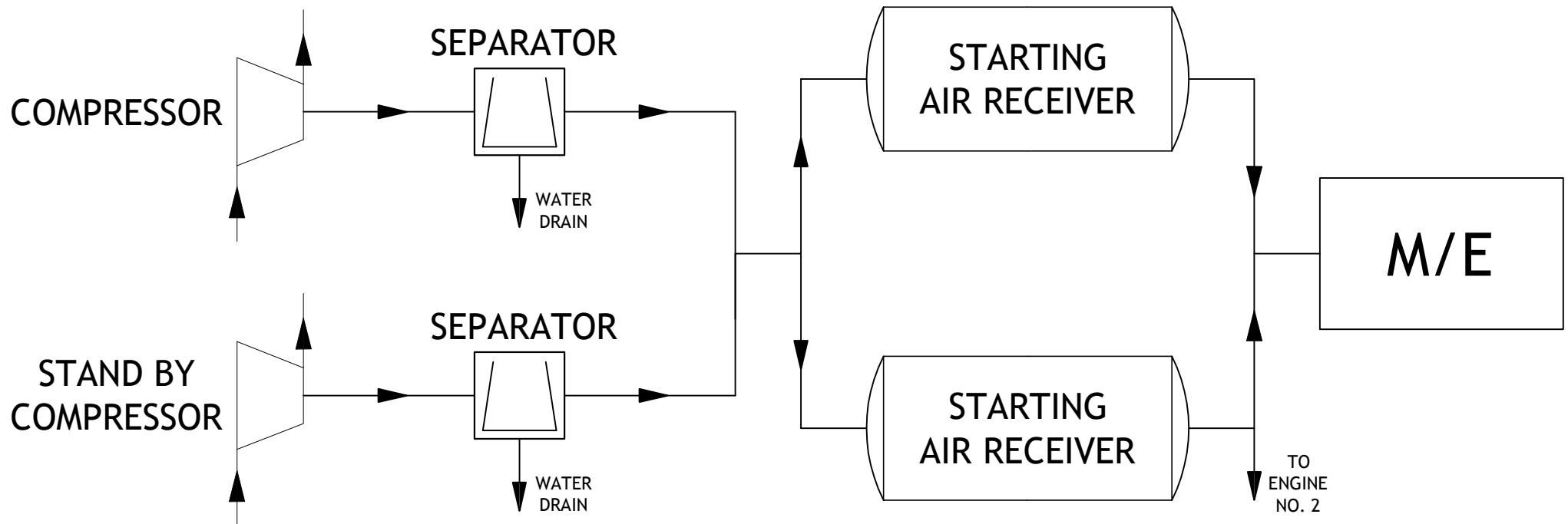
System Block Diagrams



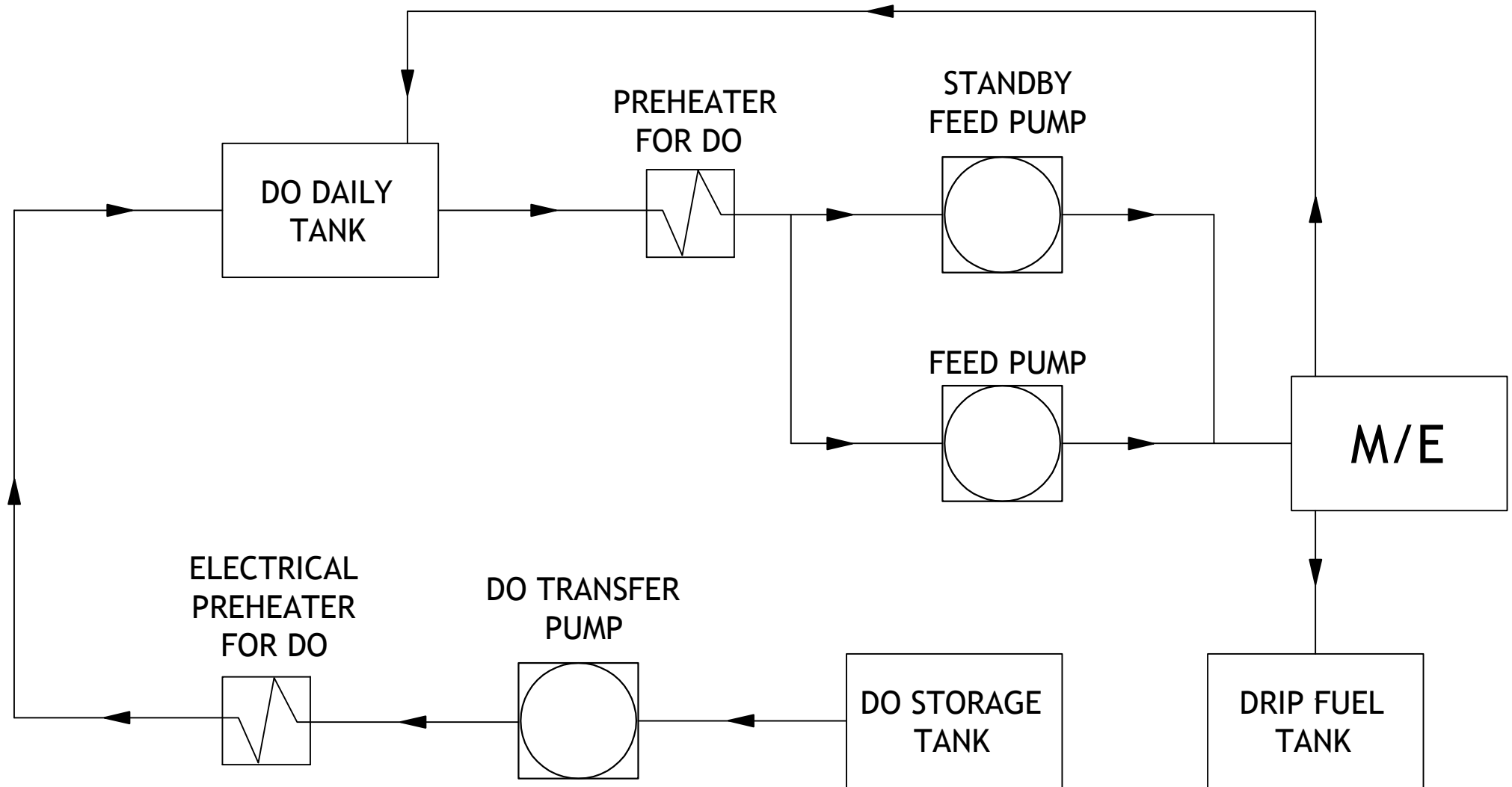
COOLING SYSTEM



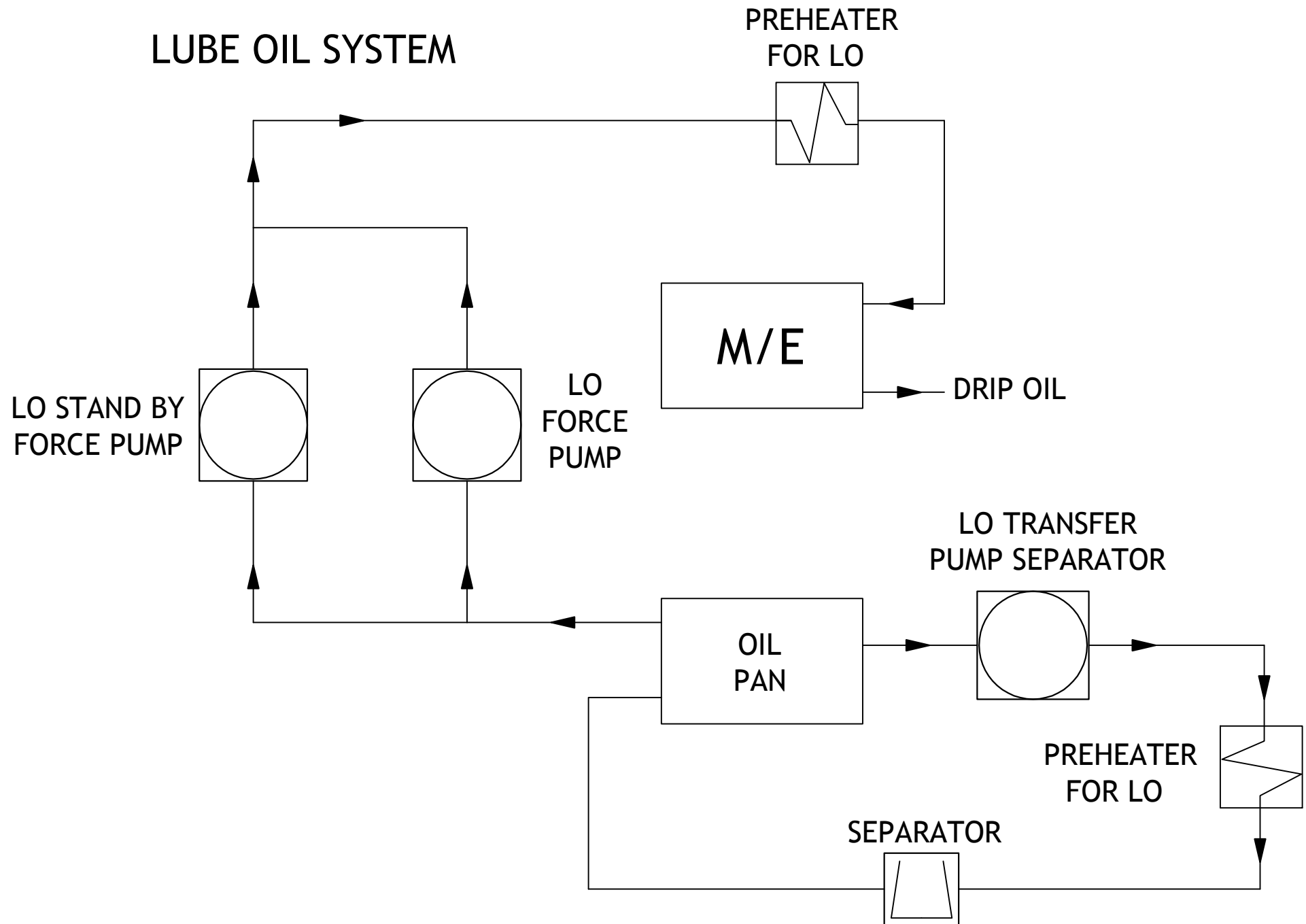
COMPRESSED AIR SYSTEM



FUEL OIL SYSTEM



LUBE OIL SYSTEM



LAMPIRAN 3

Definition of Severity Level

Severity Level	Descriptions for Severity Level	Definition for Severity Level	Applicable to Functional Groups for
1	Minor, Negligible	Function is not affected, no significant operational delays. Nuisance	Propulsion Directional Control Drilling Position Mooring (Station Keeping) Hydrocarbon Production and Processing Import and Export Functions
2	Major, Marginal, Moderate	Function is not affected, however, failure detection/corrective measures not functional. OR Function is reduced, resulting in operational delays	
3	Critical, Hazardous, Significant	Function is reduced, or damaged machinery, significant operational delays	
4	Catastrophic, Critical	Complete loss of function	

Severity Level	Descriptions for Severity Level	Definition for Severity Level	Applicable to Consequence Category of
1	Minor, Negligible	Little or no response necessary	Loss of Containment
2	Major, Marginal, Moderate	Limited response of short duration	
3	Critical, Hazardous, Significant	Serious/significant commitment of resources and personnel	
4	Catastrophic, Critical	Complete loss of containment. Full scale response of extended duration to mitigate effects on environment	

Severity Level	Descriptions for Severity Level	Definition for Severity Level	Applicable to Consequence Category of
1	Minor, Negligible	Minor impact on personnel/ No impact on public	Safety
2	Major, Marginal, Moderate	Professional medical treatment for personnel/ No impact on public	
3	Critical, Hazardous, Significant	Serious injury to personnel/ Limited impact on public	
4	Catastrophic, Critical	Fatalities to personnel/Serious impact on public	

Severity Level	Descriptions for Severity Level	Definition for Severity Level	Applicable to Consequence
1	Minor, Negligible	No damage to affected equipment or compartment, no significant operational delays.	Explosion / Fire
2	Major, Marginal, Moderate	Affected equipment is damaged, operational delays	
3	Critical, Hazardous, Significant	An occurrence adversely affecting the vessel's seaworthiness or fitness for service or route	
4	Catastrophic, Critical	Loss of vessel or results in total constructive loss	

LAMPIRAN 4
Bottom-Up FMECA Worksheet

BOTTOM-UP FMECA WORKSHEET											
No. :	Description : Main Engine Tugboat KT.X										
Item (1)	Failure Mode (2)	Causes (3)	Failure Char. (4)	Local Effects (5)	Functional Failures (6)	End Effects (7)	Matrix (8)	Severity (9)	CL* (10)	CR* (11)	Failure Detection/ Corrective Measures (12)
1.1	Kebocoran pada pipa cooler	Normal use Penggunaan melebihi umur operasional dari manufaktur Korosi pada permukaan internal dan eksternal pipa	Wear out	Pengurangan ketebalan pipa akibat korosi Penurunan kekuatan pipa terhadap pressure aliran coolant	5.1. Temperatur outlet and pressure inlet pada fresh water cooling system kurang dari spesifikasi technical data	Terganggunya proses dalam cooling system yang mempengaruhi sistem M/E secara berkelanjutan	Propulsi	Level 2	Occasional	Medium	Pemeriksaan pada bagian permukaan pipa yang mengalami korosi
		Overpressure coolant sehingga terjadi crack pada pipa	Random	Volume aliran pendingin berkurang dalam sistem Peningkatan temperatur yang berlebihan pada engine	5.1. Temperatur outlet and pressure inlet pada fresh water cooling system kurang dari spesifikasi technical data	Degradasi performa pada engine dalam jangka panjang, operasional kapal terhambat	Propulsi	Level 3	Occasional	Medium	Indikator pada temperatur gauge akan naik secara periodik
1.2	Kerusakan cylinder head and seal	Normal use Penggunaan melebihi umur operasional dari manufaktur Terjadi korosi dan aus	Wear Out	Korosi dan aus yang parah mengakibatkan penurunan tekanan kompresi	1.3. Daya main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi kurang dari 3600 kW	Penurunan tekanan kompresi mengakibatkan berkurangnya daya output dari M/E	Propulsi	Level 4	Occasional	High	Penurunan daya operasional engine atau operasional kerja dihentikan
		Temperatur engine yang terlalu tinggi mengakibatkan pemuaian cylinder head dan memicu terjadinya keretakan (crack)	Random	Crack menyebabkan lube oil masuk combustion chamber dan tercampur bahan bakar	2.3. Putaran main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi kurang dari 720 RPM	Crack yang parah pada cylinder head memicu adanya major repair yang mengakibatkan masa breakdown M/E	Propulsi	Level 4	Occasional	High	Exhaust gas yang dihasilkan berwarna hitam

BOTTOM-UP FMECA WORKSHEET											
No. :	Description : Main Engine Tugboat KT.X										
Item (1)	Failure Mode (2)	Causes (3)	Failure Char. (4)	Local Effects (5)	Functional Failures (6)	End Effects ⁽⁷⁾	Matrix ⁽⁸⁾	Severity ⁽⁹⁾	CL* (10)	CR* (11)	Failure Detection/ Corrective Measures (12)
1.3	Kerusakan cylinder liner	<i>Normal use</i> Penggunaan melebihi umur operasional dari manufaktur Terjadi korosi dan aus pada permukaan cylinder liner	Wear Out	Permukaan cylinder liner yang aus akibat bergesekan dengan torak dapat memicu kebocoran gas kompresi dalam ruang bakar	1.3. Daya main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi kurang dari 3600 kW	Daya output untuk propulsi berkurang	Propulsi	Level 4	Occasional	High	Penurunan daya operasional engine atau operasional kerja dihentikan
		Cylinder liner memuai akibat temperatur ruang bakar terlalu tinggi Temperatur tinggi memicu keretakan (crack)	Random	Crack menyebabkan udara kompresi bocor sehingga mengurangi daya yang dihasilkan	2.3. Putaran main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi kurang dari 720 RPM	Crack mengurangi daya propulsi dan kerusakan parah mengakibatkan major repair pada cylinder liner	Propulsi	Level 4	Occasional	High	Exhaust gas yang dihasilkan berwarna hitam
1.4	Kerusakan seal lube oil crankshaft	<i>Normal use</i> Penggunaan melebihi umur operasional dari manufaktur	Wear out	Terjadi kebocoran pelumas M/E Berkurangnya sirkulasi pelumas dalam engine	4.1. Lube oil inlet temperature M/E kurang dari 60 oC pada saat operasional	Lube oil system yang tidak bersirkulasi dengan baik meningkatkan temperatur engine secara periodik	Propulsi	Level 3	Occasional	Medium	Terjadi rembesan pelumas yang terjadi dari dalam engine

BOTTOM-UP FMECA WORKSHEET											
No. :	Description : Main Engine Tugboat KT.X										
Item (1)	Failure Mode (2)	Causes (3)	Failure Char. (4)	Local Effects (5)	Functional Failures (6)	End Effects ⁽⁷⁾	Matrix ⁽⁸⁾	Severity (9)	CL* (10)	CR* (11)	Failure Detection/ Corrective Measures (12)
1.5	Main Engine tidak bisa start (injection pump trouble)	Low compression Kontaminasi air atau kotoran dalam main engine	Random	Tidak tercapainya tekanan kompresi yang dibutuhkan dalam starting engine	1.1. Main Engine tidak menghasilkan daya 3600 kW untuk sistem propulsi	Operasional engine secara keseluruhan terhenti karena tidak ada daya yang dihasilkan	Propulsi	Level 3	Occasional	Medium	-
		Fuel injection rusak Terganggunya aliran bahan bakar ke dalam engine	Wear out	Tidak terjadi pembakaran dalam combustion chamber Terjadi pembakaran dalam waktu yang lama	1.1. Main Engine tidak menghasilkan daya 3600 kW untuk sistem propulsi	Tidak terjadinya pembakaran dalam combustion chamber menyebabkan M/E tidak beroperasi	Propulsi	Level 3	Occasional	Medium	-
1.6	Kebocoran pada jacket cooling	Terjadinya korosi Munculnya crack pada lapisan jacket	Wear out	Penurunan aliran coolant dalam jacket cooling	4.2. Lube oil inlet temperature M/E lebih dari 60 oC pada saat operasional	Temperatur operasional engine meningkat karna jacket cooling tidak bekerja dengan optimal	Propulsi	Level 2	Occasional	Medium	-
		Temperatur inlet coolant yang terlalu rendah menyebabkan jacket cooling bersifat getas	Random	Coolant yang berfungsi sebagai pendingin dalam M/E tidak memberikan pengaruh yang signifikan	4.1. Lube oil inlet temperature M/E kurang dari 60 oC pada saat operasional	Temperatur operasional engine meningkat karna jacket cooling tidak bekerja dengan optimal	Propulsi	Level 2	Occasional	Medium	-

BOTTOM-UP FMECA WORKSHEET											
No. :	Description : Main Engine Tugboat KT.X										
Item (1)	Failure Mode (2)	Causes (3)	Failure Char. (4)	Local Effects (5)	Functional Failures (6)	End Effects (7)	Matrix (8)	Severity (9)	CL* (10)	CR* (11)	Failure Detection/ Corrective Measures (12)
1.7	Exhaust gas berwarna hitam pekat	Kontaminasi udara kotor atau tercampurnya lube oil dalam combustion chamber pada saat pembakaran	Random	Terjadi penurunan kompresi dalam ruang bakar	1.3. Daya main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi kurang dari 3600 kW	Tercapainya daya yang optimal atau yang dibutuhkan waktu yang lama	Propulsi	Level 2	Occasional	Medium	Meningkatnya kepekatan exhaust gas
		Fuel injector rusak Pembakaran dalam ruang bakar yang berlebihan	Wear out	Pembakaran berlebihan dalam combustion chamber meningkatkan temperature engine	1.2. Daya main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi lebih dari 3600 kW	Temperatur dalam engine yang tinggi meningkatkan penggunaan bahan bakar dan residu atau kotoran hasil	Propulsi	Level 2	Occasional	Medium	
1.8	Kerusakan air intake manifold	Normal use Penggunaan melebihi umur operasional dari manufaktur Terjadi korosi pada pipa air intake akibat penggunaan normal	Wear out	Korosi dan kerak dalam manifold yang berlebihan dapat menghambat aliran air intake dan mengurangi air intake pressure ke masing-masing silinder	2.3. Putaran main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi kurang dari 720 RPM	Volume dan tekanan air intake yang tidak optimal ke dalam combustion chamber memperlambat terjadinya proses pembakaran	Propulsi	Level 4	Occasional	High	Pressure dalam aliran pipa berkurang Pemeriksaan visual terhadap keadaan pipa
		Temperatur air intake terlalu tinggi Thermal expansion pada pipa Terjadinya crack pada pipa akibat engine overheating	Random	Thermal expansion mampu mengurangi pressure dari air intake serta memicu terjadinya leakage atau kebocoran air intake akibat crack pada manifold	2.3. Putaran main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi kurang dari 720 RPM	Air intake manifold yang masuk ke dalam masing-masing silinder tidak sesuai dengan pressure yang dibutuhkan	Propulsi	Level 4	Occasional	High	Pressure dalam aliran pipa berkurang Pemeriksaan visual terhadap keadaan pipa

BOTTOM-UP FMECA WORKSHEET											
No. :	Description : Main Engine Tugboat KT.X										
Item (1)	Failure Mode (2)	Causes (3)	Failure Char. (4)	Local Effects (5)	Functional Failures (6)	End Effects (7)	Matrix (8)	Severity (9)	CL* (10)	CR* (11)	Failure Detection/ Corrective Measures (12)
1.9	Kerusakan exhaust manifold (bocor)	<i>Normal use</i> Penggunaan melebihi umur operasional dari manufaktur Terjadi korosi pada pipa air intake akibat penggunaan normal	Wear out	Exhaust gas mengandung kotoran berupa korosi dan residu hasil pembakaran yang pekat	2.3. Putaran main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi kurang dari 720 RPM	Terganggunya sirkulasi exhaust gas hasil pembakaran dari combustion chamber menuju udara luar	Propulsi	Level 4	Occasional	High	Exhaust gas berlebihan dari engine Pemeriksaan visual terhadap keadaan pipa
		Temperatur udara hasil pembakaran terlalu tinggi memicu terjadinya thermal expansion pada pipa Terjadinya crack pada pipa akibat expansion atau engine	Random	Nilai temperatur dan pressure exhaust gas yang terlalu tinggi Leakage atau kebocoran exhaust gas akibat crack	2.3. Putaran main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi kurang dari 720 RPM	Exhaust gas yang tidak disirkulasikan dengan baik mampu memicu overheating pada main engine	Propulsi	Level 4	Occasional	High	Exhaust gas berlebihan dari engine Pemeriksaan visual terhadap keadaan pipa
1.10	Filter fuel injection terhambat	<i>Normal use</i> Penggunaan melebihi umur operasional dari manufaktur serta terjadinya korosi	Wear out	Bahan bakar yang diinjeksikan dalam keadaan kotor karna tercampur oleh kotoran inheren bahan bakar atau residu dalam pipa transfer	1.3. Daya main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi kurang dari 3600 kW	Residu berlebihan dalam combustion chamber menurunkan tekanan kompresi piston sehingga putaran engine tidak normal	Propulsi	Level 3	Occasional	Medium	Putaran tidak normal ketika rpm dinaikkan
		Terdapat kontaminan dalam bahan bakar karena kualitas bahan bakar yang tidak sesuai standar	Random	Bahan bakar yang tidak sesuai standar mengakibatkan pembakaran tidak sempurna serta menghasilkan residu berlebihan yang melekat pada combustion	1.3. Daya main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi kurang dari 3600 kW	Pembakaran dalam ruang bakar yang tidak sempurna menghasilkan daya output kurang dari spesifikasi yang diharapkan	Propulsi	Level 3	Occasional	Medium	Putaran tidak normal ketika rpm dinaikkan

BOTTOM-UP FMECA WORKSHEET											
No. :	Description : Main Engine Tugboat KT.X										
Item (1)	Failure Mode (2)	Causes (3)	Failure Char. (4)	Local Effects (5)	Functional Failures (6)	End Effects ⁽⁷⁾	Matrix ⁽⁸⁾	Severity (9)	CL* (10)	CR* (11)	Failure Detection/ Corrective Measures (12)
1.11	Fuel injection pump (perlu kalibrasi)	Penggunaan melebihi umur operasional dari manufaktur Kontaminasi pada bahan bakar yang disirkulasikan Tekanan masuk pada inlet injection pump terlalu tinggi	Wear out Random	Aliran bahan bakar dari nozzle ke combustion chamber tidak sesuai dengan volume, pressure dan injection timing dari engine specification	1.3. Daya main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi kurang dari 3600 kW	Pembakaran dalam combustion chamber tidak sempurna Penggunaan bahan bakar tidak efisien dan cenderung lebih boros	Propulsi	Level 3	Occasional	Medium	Terjadi anomali bunyi yang dihasilkan engine pada saat beroperasi
1.12	Fuel injection pump inlet and exhaust valve pipe repair	Penggunaan melebihi umur operasional dari manufaktur Tekanan pada inlet dan exhaust valve tidak sesuai spesifikasi manufaktur	Wear out Random	Tekanan dan kuantitas bahan bakar menuju injection pump dan combustion chamber terlalu tinggi	1.3. Daya main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi kurang dari 3600 kW	Penggunaan bahan bakar tidak efisien dan cenderung lebih boros	Propulsi	Level 3	Occasional	Medium	Terjadi anomali bunyi yang dihasilkan engine pada saat beroperasi

BOTTOM-UP FMECA WORKSHEET											
No. :	Description : Main Engine Tugboat KT.X										
Item (1)	Failure Mode (2)	Causes (3)	Failure Char. (4)	Local Effects (5)	Functional Failures (6)	End Effects ⁽⁷⁾	Matrix ⁽⁸⁾	Severity (9)	CL* (10)	CR* (11)	Failure Detection/ Corrective Measures (12)
1.13	Fuel injection pump pipe repair	<p><i>Normal use</i></p> <p>Penggunaan melebihi umur operasional dari manufaktur</p> <p>Terjadinya korosi atau aus pada pipa</p>	Wear out	Korosi yang berlebihan memicu terjadinya crack serta leakage pada pipa sehingga tekanan bahan bakar dalam pipa bisa berkurang secara periodik	1.3. Daya main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi kurang dari 3600 kW	Terjadi kebocoran bahan bakar yang diakibatkan pipa yang mengalami kerusakan	Propulsi	Level 3	Occasional	Medium	-
1.14	Perbaikan pipa isap pompa cooler M/E	<p><i>Normal use</i></p> <p>Penggunaan melebihi umur operasional dari manufaktur</p> <p>Terjadinya korosi atau damage pada pipa</p>	Wear out	Crack atau korosi pada pipa dapat mempengaruhi tekanan dan temperatur dalam pipa secara periodik	5.1. Temperatur outlet and pressure inlet pada fresh water cooling system kurang dari spesifikasi technical data	Kerusakan pada komponen cooling system pada main engine dapat meningkatkan temperatur operasional dalam engine	Propulsi	Level 3	Occasional	Medium	Peningkatan temperatur dalam engine secara periodik apabila terjadi kebocoran

BOTTOM-UP FMECA WORKSHEET											
No. :	Description : Main Engine Tugboat KT.X										
Item (1)	Failure Mode (2)	Causes (3)	Failure Char. (4)	Local Effects (5)	Functional Failures (6)	End Effects ⁽⁷⁾	Matrix ⁽⁸⁾	Severity (9)	CL* (10)	CR* (11)	Failure Detection/ Corrective Measures (12)
1.15	Kerusakan pipa inlet cooler M/E	<i>Normal use</i> Penggunaan melebihi umur operasional dari manufaktur Terjadinya korosi atau damage pada pipa	Wear out	Cooling system tidak beroperasi dengan baik	5.2. Temperatur outlet and pressure inlet pada fresh water cooling system lebih dari spesifikasi technical data	Korosi yang mengakibatkan kebocoran dan replacement pipa dapat menghentikan operasional cooling system	Propulsi	Level 3	Occasional	Medium	Inspeksi visual terhadap keadaan pipa
		Temperatur coolant yang terlalu tinggi pada saat melewati pipa mengakibatkan terjadinya thermal expansion dan memicu terjadinya crack	Random	Terganggunya aliran coolant menuju ke M/E	5.2. Temperatur outlet and pressure inlet pada fresh water cooling system lebih dari spesifikasi technical data	Terjadi kebocoran coolant (freshwater) yang diakibatkan pipa yang mengalami crack	Propulsi	Level 3	Occasional	Medium	Inspeksi visual terhadap keadaan pipa

BOTTOM-UP FMECA WORKSHEET											
No. :	Description : Main Engine Tugboat KT.X										
Item (1)	Failure Mode (2)	Causes (3)	Failure Char. (4)	Local Effects (5)	Functional Failures (6)	End Effects ⁽⁷⁾	Matrix ⁽⁸⁾	Severity (9)	CL* (10)	CR* (11)	Failure Detection/ Corrective Measures (12)
1.16	Kerusakan pipa outlet cooler M/E (keropos)	<i>Normal use</i> Penggunaan melebihi umur operasional dari manufaktur Terjadinya korosi atau damage pada pipa	Wear out	Terganggunya aliran coolant menuju ke M/E	5.1. Temperatur outlet and pressure inlet pada fresh water cooling system kurang dari spesifikasi technical data	Korosi yang mengakibatkan kebocoran dan replacement pipa dapat menghentikan operasional cooling system	Propulsi	Level 3	Occasional	Medium	Inspeksi visual terhadap keadaan pipa
		Temperatur coolant yang terlalu tinggi pada saat melewati pipa mengakibatkan terjadinya thermal expansion dan memicu terjadinya crack	Random	Pressure aliran pipa berkurang Cooling system tidak beroperasi dengan baik	5.1. Temperatur outlet and pressure inlet pada fresh water cooling system kurang dari spesifikasi technical data	Terjadi kebocoran coolant (freshwater) yang diakibatkan pipa yang mengalami crack	Propulsi	Level 3	Occasional	Medium	Inspeksi visual terhadap keadaan pipa
1.17	Penggantian pipa air tawar expansion tank	Penggunaan melebihi umur operasional dari manufaktur Terjadi korosi atau crack pada pipa akibat penggunaan normal	Wear out	Korosi yang parah memicu terjadinya kebocoran Tidak ada aliran freshwater sebagai coolant untuk cooling system M/E	5.1. Temperatur outlet and pressure inlet pada fresh water cooling system kurang dari spesifikasi technical data	Coolant yang tidak bersirkulasi dengan baik dan berkelanjutan mampu memicu terjadinya engine overheating	Propulsi	Level 3	Occasional	Medium	Peningkatan temperatur dalam engine secara periodik

BOTTOM-UP FMECA WORKSHEET											
No. :	Description : Main Engine Tugboat KT.X										
Item (1)	Failure Mode (2)	Causes (3)	Failure Char. (4)	Local Effects (5)	Functional Failures (6)	End Effects (7)	Matrix (8)	Severity (9)	CL* (10)	CR* (11)	Failure Detection/ Corrective Measures (12)
1.18	Kerusakan thermostat cooler	<p><i>Normal use</i></p> <p>Penggunaan melebihi umur operasional dari manufaktur</p> <p>Korosi pada thermostat</p>	Wear out	Tidak ada controlling terhadap temperatur coolant yang akan masuk ke dalam main engine sehingga temperatur dapat lebih rendah atau lebih tinggi dari spesifikasi engine	4.1. Lube oil inlet temperature M/E kurang dari 60 oC pada saat operasional	Apabila temperatur dari coolant terlalu rendah pada saat melewati engine maka dapat memberikan sifat getas pada komponen metal engine	Propulsi	Level 4	Occasional	High	Indikator pada temperatur gauge menunjukkan nilai peningkatan temperatur operasional engine
		<p>Terjadinya karat atau kerak dalam termostat</p> <p>Coolant atau cairan pendingin kotor atau telah terkontaminasi</p>		Coolant yang terkontaminasi tidak mampu bekerja secara optimal dalam cooling system sehingga engine tidak bekerja dalam temperatur operasional	4.1. Lube oil inlet temperature M/E kurang dari 60 oC pada saat operasional	<p>Penurunan performa engine serta umur operasional engine akan berkurang secara periodik</p> <p>Penggunaan bahan bakar yang cenderung lebih boros</p>					Indikator pada temperatur gauge menunjukkan nilai peningkatan temperatur operasional engine

BOTTOM-UP FMECA WORKSHEET											
No. :	Description : Main Engine Tugboat KT.X										
Item (1)	Failure Mode (2)	Causes (3)	Failure Char. (4)	Local Effects (5)	Functional Failures (6)	End Effects (7)	Matrix (8)	Severity (9)	CL* (10)	CR* (11)	Failure Detection/ Corrective Measures (12)
1.19	Kerusakan heat exchanger	<p><i>Normal use</i></p> <p>Penggunaan melebihi umur operasional dari manufaktur</p> <p>Metal erosion, corrosion, vibrasi, thermal expansion</p> <p>Kerak yang muncul pada permukaan pipa-pipa heat exchanger</p>	Wear out	Kerusakan heat exchanger mengakibatkan cooling system dari M/E tidak bekerja secara optimal sehingga temperatur operasional engine meningkat secara periodik	5.2. Temperatur outlet and pressure inlet pada fresh water cooling system lebih dari spesifikasi technical data	<p>Apabila coolant memiliki temperatur yang terlalu tinggi, dapat terjadi thermal expansion pada komponen M/E dan memicu terjadinya crack</p> <p>Apabila coolant memiliki temperatur yang terlalu rendah, dapat memberikan sifat getas atau fatigue pada komponen M/E secara</p>	Propulsi	Level 3	Occasional	Medium	Peningkatan temperatur operasional engine secara periodik
		<p>Coolant yang bekerja pada pipa kapiler heat exchanger tidak optimal</p> <p>Overheating dalam heat exchanger</p> <p>Kerusakan pada tube sheet dan tube cover heat exchanger</p> <p>Terjadi kebocoran fluida dalam operasional heat</p>				<p>Engine overheating (operasional diatas temperatur normal)</p> <p>Overheating secara konstan mampu menyebabkan crack pada komponen M/E (ex: Cylinder head, Piston, Connecting rod etc)</p>					Peningkatan temperatur operasional engine secara periodik

BOTTOM-UP FMECA WORKSHEET											
No. :	Description : Main Engine Tugboat KT.X										
Item (1)	Failure Mode (2)	Causes (3)	Failure Char. (4)	Local Effects (5)	Functional Failures (6)	End Effects (7)	Matrix (8)	Severity (9)	CL* (10)	CR* (11)	Failure Detection/ Corrective Measures (12)
1.20	Engine overheating	Kebocoran pada cooling water Cooling system tidak bekerja optimal Terjadi kerusakan seperti pada 1.15 ; 1.16 ; 1.17 ; 1.18 ; 1.19 Exhaust gas pipe terhambat	Wear in Random Wear out	Peningkatan temperatur yang berlebihan pada saat operasional engine Terjadinya kebocoran pada seal Thermal expansion pada komponen metal dari M/E Pembakaran berlebihan dalam combustion chamber meningkatkan penggunaan bahan bakar	5.2. Temperatur outlet and pressure inlet pada fresh water cooling system lebih dari spesifikasi technical data	Cylinder head dapat melengkung Crack pada cylinder bore Crankshaft dapat patah akibat overheat yang parah Degradasi performa pada engine dalam jangka panjang	Propulsi	Level 4	Occasional	High	Indikator pada temperatur gauge akan meningkat secara periodik Peningkatan getaran yang dialami engine pada saat bekerja Penurunan daya operasional engine

BOTTOM-UP FMECA WORKSHEET											
No. :	Description : Main Engine Tugboat KT.X										
Item (1)	Failure Mode (2)	Causes (3)	Failure Char. (4)	Local Effects (5)	Functional Failures (6)	End Effects (7)	Matrix (8)	Severity (9)	CL* (10)	CR* (11)	Failure Detection/ Corrective Measures (12)
1.21	Pipa dan strainer cooling system dari sea chest M/E rusak	<p>Normal use</p> <p>Penggunaan melebihi umur operasional dari manufaktur</p> <p>Tidak dilakukan pembersihan strainer secara berkala</p> <p>Terdapat kotoran yang menyumbat pada strainer</p> <p>Korosi pada strainer yang terbuat dari bahan metal</p>	Wear out	<p>Fluida yang dialirkan sebagai coolant tidak mengalami penyaringan sehingga terkontaminasi kotoran</p> <p>Fluida yang masuk ke pompa dalam keadaan kotor</p>	5.1. Temperatur outlet and pressure inlet pada fresh water cooling system kurang dari spesifikasi technical data	Kotoran yang masuk dalam pompa dapat mengendap, menimbulkan kerak serta merusak pompa secara berkelanjutan	Propulsi	Level 2	Occasional	Medium	Pemeriksaan langsung terhadap strainer apakah dalam keadaan rusak dan kotor atau tidak

BOTTOM-UP FMECA WORKSHEET											
No. :	Description : Main Engine Tugboat KT.X										
Item (1)	Failure Mode (2)	Causes (3)	Failure Char. (4)	Local Effects (5)	Functional Failures (6)	End Effects (7)	Matrix (8)	Severity (9)	CL* (10)	CR* (11)	Failure Detection/ Corrective Measures (12)
1.22	Kerusakan pompa seawater cooler	<p>Normal Use</p> <p>Penggunaan melebihi umur operasional dari manufaktur</p> <p>Terjadi kerusakan seperti pada 1.21</p> <p>Terjadi aus pada impeller pompa</p>	Wear out	<p>Tidak ada aliran seawater sebagai coolant menuju heat exchanger</p> <p>Heat exchanger mengalami overheating</p>	5.2. Temperatur outlet and pressure inlet pada fresh water cooling system lebih dari spesifikasi technical data	<p>Heat exchanger dapat mengalami kerusakan akibat overheating</p> <p>Kerusakan komponen pendukung operasional M/E mengakibatkan terhambatnya kinerja M/E secara keseluruhan</p>	Propulsi	Level 4	Occasional	High	Operasional pompa berhenti secara keseluruhan
		<p>Kontaminasi kotoran yang mengalir pada pompa</p> <p>Terdapat endapan kotoran dan kerak dalam pompa</p> <p>Korosi dalam komponen pompa</p> <p>Korosi dan endapan kotoran dalam pompa menurunkan performa pompa</p>		<p>Volume dan pressure dari pompa berkurang akibat terjadinya endapan serta korosi dalam pompa sehingga operasional dari cooling system ke M/E terganggu</p> <p>Temperatur coolant tinggi pada saat masuk ke dalam M/E</p>		<p>Temperatur rendah coolant pada masuk ke dalam M/E memicu crack dan fatigue pada komponen M/E</p> <p>Crack atau fatigue pada komponen mampu menurunkan efisiensi pembakaran dalam M/E</p>					

BOTTOM-UP FMECA WORKSHEET											
No. :	Description : Main Engine Tugboat KT.X										
Item (1)	Failure Mode (2)	Causes (3)	Failure Char. (4)	Local Effects (5)	Functional Failures (6)	End Effects ⁽⁷⁾	Matrix ⁽⁸⁾	Severity ⁽⁹⁾	CL* (10)	CR* (11)	Failure Detection/ Corrective Measures (12)
1.23	Kerusakan pipa fuel oil transfer pump	Terjadinya korosi yang mengurangi ketebalan pipa Penggunaan normal yang telah melampaui umur pipa	Wear out	Apabila terjadi kebocoran pipa maka tekanan serta temperatur fuel oil pada aliran pipa akan berkurang berkurang	1.3. Daya main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi kurang dari 3600 kW	Tekanan dan temperatur inlet dari fuel oil pada saat masuk settling tank tidak sesuai rekomendasi manufaktur Kebocoran fuel oil pada pipa yang mengalami kerusakan parah memicu terjadinya kebakaran	Propulsi	Level 3	Occasional	Medium	Pressure dalam aliran pipa berkurang Pemeriksaan visual terhadap keadaan pipa
1.24	Kerusakan pipa inlet lube oil transfer pump	Penggunaan normal untuk operasional Terjadinya korosi pada pipa baik internal maupun external corrosion	Wear out	Korosi yang parah memicu terjadinya kebocoran Aliran lube oil dari lube oil bottom tank menjadi terhambat	4.1. Lube oil inlet temperature M/E kurang dari 60 oC pada saat operasional	Aliran lube oil menuju ke M/E terhenti Lube oil sebagai sistem pendingin M/E yang tidak bekerja dengan baik mampu memicu engine overheating Mampu menimbulkan dampak seperti pada 1.2 ; 1.3	Propulsi	Level 3	Occasional	Medium	Pemeriksaan visual terhadap keadaan pipa

BOTTOM-UP FMECA WORKSHEET											
No. :	Description : Main Engine Tugboat KT.X										
Item (1)	Failure Mode (2)	Causes (3)	Failure Char. (4)	Local Effects (5)	Functional Failures (6)	End Effects (7)	Matrix (8)	Severity (9)	CL* (10)	CR* (11)	Failure Detection/ Corrective Measures (12)
1.25	Kerusakan evaporator pendingin kamar mesin	<p>Kontaminasi kotoran pada aliran fluida dalam evaporator</p> <p>Kotoran yang terakumulasi mengendap dalam dasar tabung dan menimbulkan kerak</p> <p>Terjadinya korosi pada silinder tube dan pipa kapiler</p>	Random	<p>Aliran dalam pipa kapiler terhambat kotoran maupun kerak</p> <p>Pengurangan ketebalan pipa kapiler mampu memicu penguapan yang lebih cepat dan menimbulkan korosi dalam pipa</p>	2.2. Putaran main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi lebih dari 720 RPM	<p>Temperatur kamar mesin (lingkungan) yang terlalu tinggi memicu peningkatan temperatur kerja atau operasional M/E</p> <p>Operasional M/E di atas temperatur operasional mengakibatkan engine overheating dan menimbulkan dampak seperti pada 1.2 ; 1.3</p>	Propulsi	Level 2	Occasional	Medium	Meningkatnya temperatur dalam kamar mesin
		<p>Normal Use</p> <p>Penggunaan melebihi umur operasional dari manufaktur</p> <p>Temperatur udara luar yang berfungsi sebagai pemanas terlalu rendah</p>		<p>Temperatur udara masuk ke evaporator yang terlalu rendah memperlambat proses penguapan</p>		<p>Meningkatnya temperatur dalam kamar mesin berada di atas temperatur normal karna pendingin ruangan tidak bekerja dengan baik</p>					Meningkatnya temperatur dalam kamar mesin

BOTTOM-UP FMECA WORKSHEET											
No. :	Description : Main Engine Tugboat KT.X										
Item (1)	Failure Mode (2)	Causes (3)	Failure Char. (4)	Local Effects (5)	Functional Failures (6)	End Effects ⁽⁷⁾	Matrix ⁽⁸⁾	Severity (9)	CL* (10)	CR* (11)	Failure Detection/ Corrective Measures (12)
1.26	Kerusakan governor M/E	<p><i>Normal Use</i></p> <p>Penggunaan melebihi umur operasional dari manufaktur</p> <p>Terjadinya korosi pada governor</p> <p>Pegas pada governor telah aus atau kehilangan elastisitasnya</p>	Wear out	Tidak ada controlling terhadap aliran bahan bakar menuju injection pump	1.3. Daya main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi kurang dari 3600 kW	Tidak ada controlling terhadap kecepatan rata-rata M/E pada saat terjadi fluktuasi beban	Propulsi	Level 3	Occasional	Medium	Inspeksi visual terhadap keadaan governor dan komponennya
		<p>Tekanan aliran bahan bakar pada saat melewati governor terlalu tinggi</p> <p>Timbulnya korosi pada komponen tuas dan pegas dalam governor</p> <p>Apabila bahan bakar terkontaminasi kotoran, dapat terjadi pengendapan dan kerak dalam governor</p>	Random	<p>Aliran bahan bakar ke dalam combustion chamber bisa lebih sedikit atau lebih banyak dari spesifikasi yang ditetapkan</p> <p>Terjadi pembakaran yang berlebihan atau kurang dari operasional normal dalam combustion chamber</p>	1.2. Daya main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi lebih dari 3600 kW	<p>Apabila bahan bakar yang mengalir terlalu sedikit, maka engine akan sulit start pada awal operasional atau daya output yang dihasilkan terlalu rendah</p> <p>Apabila bahan bakar yang mengalir terlalu banyak, maka terjadi pembakaran berlebihan dalam combustion chamber, meningkatkan residu dan memicu engine overheating</p>	Propulsi	Level 3	Occasional	Medium	Inspeksi visual terhadap keadaan governor dan komponennya

BOTTOM-UP FMECA WORKSHEET											
No. :	Description : Main Engine Tugboat KT.X										
Item (1)	Failure Mode (2)	Causes (3)	Failure Char. (4)	Local Effects (5)	Functional Failures (6)	End Effects (7)	Matrix (8)	Severity (9)	CL* (10)	CR* (11)	Failure Detection/ Corrective Measures (12)
1.27	Kapasitas udara dalam tabung reservoir (botol angin) tidak maksimum	<p><i>Normal Use</i></p> <p>Penggunaan melebihi umur operasional dari manufaktur</p> <p>Terjadi korosi pada tabung botol angin</p> <p>Udara yang terkontaminasi dapat menimbulkan kerak pada sekeliling dinding tabung botol angin</p>	Wear out	<p>Adanya korosi yang parah memicu kebocoran pada tabung reservoir</p> <p>Kapasitas botol angin tidak memenuhi kebutuhan starting engine</p>	1.1. Main Engine tidak menghasilkan daya 3600 kW untuk sistem propulsi	<p>Engine tidak mampu start pada waktu yang telah ditentukan</p> <p>Operational delays</p>	Propulsi	Level 4	Occasional	High	<p>Temperature and pressure check pada botol angin (<i>air reservoir</i>)</p>
		<p>Terjadi kerusakan pada kompresor sehingga suplai udara dari kompresor tidak memiliki tekanan dan volume yang sesuai spesifikasi yang ditetapkan</p>		Wear out		<p>Tekanan inlet ke cylinder head kurang dari tekanan operasi normal</p>					<p>1.1. Main Engine tidak menghasilkan daya 3600 kW untuk sistem propulsi</p>

BOTTOM-UP FMECA WORKSHEET											
No. :	Description : Main Engine Tugboat KT.X										
Item (1)	Failure Mode (2)	Causes (3)	Failure Char. (4)	Local Effects (5)	Functional Failures (6)	End Effects ⁽⁷⁾	Matrix ⁽⁸⁾	Severity (9)	CL* (10)	CR* (11)	Failure Detection/ Corrective Measures (12)
1.28	Kapasitas udara dalam tabung reservoir (botol angin) tidak maksimum (kerusakan pipa menuju reservoir)	<p><i>Normal Use</i></p> <p>Penggunaan melebihi umur operasional dari manufaktur</p> <p>Terjadi korosi pada tabung botol angin</p> <p>Suplai udara dari kompresor tidak memiliki tekanan yang sesuai spesifikasi</p> <p>Tekanan udara dalam botol angin tidak sesuai spesifikasi yang ditetapkan</p> <p>Udara yang terkontaminasi dapat menimbulkan kerak pada sekeliling</p>	Wear out	<p>Adanya korosi yang parah memicu kebocoran pada tabung reservoir</p> <p>Tekanan inlet ke cylinder head kurang dari tekanan operasi normal</p> <p>Kapasitas botol angin tidak memenuhi kebutuhan starting engine</p>	1.1. Main Engine tidak menghasilkan daya 3600 kW untuk sistem propulsi	<p>Cylinder head tidak terdorong oleh tekanan udara yang rendah</p> <p>Starting engine memerlukan waktu yang lebih lama daripada operasi normal</p> <p>Engine tidak mampu start pada waktu yang telah ditentukan</p> <p>Operational delays</p>	Propulsi	Level 4	Occasional	Medium	Temperature and pressure check pada pipa inlet menuju tabung botol angin (<i>air reservoir</i>)

BOTTOM-UP FMECA WORKSHEET											
No. :	Description : Main Engine Tugboat KT.X										
Item (1)	Failure Mode (2)	Causes (3)	Failure Char. (4)	Local Effects (5)	Functional Failures (6)	End Effects ⁽⁷⁾	Matrix ⁽⁸⁾	Severity (9)	CL* (10)	CR* (11)	Failure Detection/ Corrective Measures (12)
1.29	Kerusakan intercooler	<p>Udara inlet dari kompresor mengandung banyak kotoran</p> <p>Pressure hasil pembakaran yang terlalu tinggi</p> <p>Kebocoran pipa air charge yang menuju ke intercooler</p>	<p>Wear in</p> <p>Random</p> <p>Wear out</p>	Udara masuk ke ruang pembakaran memiliki temperatur yang tinggi	2.2. Putaran main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi lebih dari 720 RPM	<p>Udara dengan temperatur tinggi membuat kompresi engine tidak maksimal</p> <p>Dapat memicu terjadinya pembakaran yang terlalu cepat dalam combustion chamber</p> <p>Kerusakan yang berkelanjutan dapat menjadi tahap awal terjadinya engine</p>	Propulsi	Level 3	Probable	High	<p>Terjadi gejala knocking pada engine</p> <p>Temperatur ruang bakar (engine) akan meningkat</p> <p>Peningkatan frekuensi getaran pada engine</p>
1.30	Pressure lube oil turun (degradasi performa pompa)	<p>Lube oil pumps mengalami kerusakan atau tidak bekerja secara maksimal</p> <p>Lube oil cooler tidak beroperasi dengan baik</p> <p>Kerusakan thermostat valve sebelum inlet main engine</p> <p>Temperatur lube oil akan berbanding lurus dengan tekanan yang dihasilkan</p>	<p>Random</p> <p>Wear out</p>	<p>Tekanan lube oil ketika masuk ke dalam engine tidak sesuai spesifikasi</p> <p>Lube oil tidak mampu mencapai seluruh komponen main engine</p>	4.3. Lube oil inlet pressure M/E kurang dari 4 bar pada saat operasional	<p>Lube oil tidak mampu menjaga temperatur kerja engine pada keadaan normal</p> <p>Residu hasil pembakaran tidak mampu dibersihkan oleh lube oil yang tidak bekerja maksimal</p>	Propulsi	Level 3	Probable	High	Inspeksi terhadap kondisi lube oil pumps dan temperature gauge

BOTTOM-UP FMECA WORKSHEET											
No. :	Description : Main Engine Tugboat KT.X										
Item (1)	Failure Mode (2)	Causes (3)	Failure Char. (4)	Local Effects (5)	Functional Failures (6)	End Effects (7)	Matrix (8)	Severity (9)	CL* (10)	CR* (11)	Failure Detection/ Corrective Measures (12)
1.31	Pressure lube oil turun (kerusakan pipa inlet lube oil)	Terdapat kebocoran dalam aliran pipa menuju lube oil inlet pada main engine Terjadi kerusakan seperti pada 1.24	Random Wear out	Transfer lube oil dari tangki discharge tidak berjalan dengan baik Proses lube oil system terhambat dan tidak mencapai tekanan yang diharapkan	4.3. Lube oil inlet pressure M/E kurang dari 4 bar pada saat operasional	Penurunan tekanan yang signifikan menyebabkan lube oil tidak bekerja secara maksimal sehingga lube oil tidak mampu menjaga temperatur kerja engine pada keadaan normal Memicu terjadinya overheating	Propulsi	Level 3	Probable	High	Inspeksi terhadap kondisi pipa dalam proses lube oil system

LAMPIRAN 5
***Maintenance Task
Allocation and Planning***

No. :		Description : Main Engine Tugboat KT. X											
Item (1)	Failure Mode (2)	Failure Char. (3)	H / E (4)	Effects ⁽⁵⁾			Risk Characterization ⁽⁶⁾			Task Selection ⁽⁷⁾			Disp.
				Local	Functional Failure	End	Severity	CL*	CR*	Proposed Action(s)	PL*	PR*	
1.1	Kebocoran pada pipa cooler	Wear out	H	Pengurangan ketebalan pipa akibat korosi Penurunan kekuatan pipa terhadap pressure aliran coolant	5.1. Temperatur outlet and pressure inlet pada fresh water cooling system kurang dari spesifikasi technical data	Terganggunya proses dalam cooling system yang mempengaruhi sistem M/E secara berkelanjutan	Level 2	Occasional	Medium	Inspeksi visual pada pipa serta cek kondisi pipa terhadap kontaminasi kotoran, kerak atau korosi yang terjadi [50 jam] Pembersihan kotoran, kerak dan korosi dari pipa sebelum dilakukan perhitungan ketebalan, uji kebocoran atau uji tes lain yang diperlukan [150 jam] Diperlukan replacement pada pipa apabila hasil dari perhitungan ketebalan pipa melebihi toleransi standar minimum atau telah mengalami kerusakan serta kebocoran [saat terjadi kerusakan, kebocoran atau korosi mayor pada pipa]	Remote	Medium	Dalam masa operasional
		Random	H	Volume aliran pendingin berkurang dalam sistem Peningkatan temperatur yang berlebihan pada engine	5.1. Temperatur outlet and pressure inlet pada fresh water cooling system kurang dari spesifikasi technical data	Degradasi performa pada engine dalam jangka panjang, operasional kapal terhambat	Level 3	Occasional	Medium	Tindakan uji kekuatan dan kebocoran pipa dengan hydrostatic tes dengan prosedur 1.1.P [8000 jam / saat kerusakan (failure) terjadi]	Remote	High	Dalam masa operasional

No. :		Description : Main Engine Tugboat KT. X											
Item ⁽¹⁾	Failure Mode ⁽²⁾	Failure Char. ⁽³⁾	H / E ⁽⁴⁾	Effects ⁽⁵⁾			Risk Characterization ⁽⁶⁾			Task Selection ⁽⁷⁾			
				Local	Functional Failure	End	Severity	CL*	CR*	Proposed Action(s)	PL*	PR*	Disp.
1.2	Kerusakan cylinder head and seal	Wear Out	E	Korosi dan aus yang parah mengakibatkan penurunan tekanan kompresi	1.3. Daya main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi kurang dari 3600 kW	Penurunan tekanan kompresi mengakibatkan berkurangnya daya output dari M/E	Level 4	Occasional	High	Inspeksi visual terhadap kondisi dari cylinder head serta dilakukan prosedur inspeksi serta tes yang perlu dilakukan [1000 jam] Inspeksi dan cek kondisi cylinder head terhadap residu hasil pembakaran serta kerak yang menempel [3000 jam] Pembersihan cylinder head dari residu, kotoran atau kerak yang ada [3000 jam] Berdasarkan inspeksi visual pada cylinder head, diperlukan minor repair apabila kerusakan masih dalam toleransi standar perusahaan	Remote	High	
		Random	H	Crack menyebabkan lube oil masuk combustion chamber dan tercampur bahan bakar	2.3. Putaran main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi kurang dari 720 RPM	Crack yang parah pada cylinder head memicu adanya major repair yang mengakibatkan masa breakdown M/E	Level 4	Occasional	High	Pelaksanaan uji tes yang dilakukan pada cylinder head sesuai prosedur 1.2.P [6000 jam / saat kerusakan (failure) terjadi] Diperlukan replacement apabila kerusakan berdasarkan hasil tes yang dilakukan melebihi toleransi standar minimum atau kerusakan mampu menimbulkan konsekuensi yang besar bagi sistem secara keseluruhan [saat terjadi kerusakan mayor pada komponen]	Remote	High	

No. :		Description : Main Engine Tugboat KT. X											
Item ⁽¹⁾	Failure Mode ⁽²⁾	Failure Char. ⁽³⁾	H / E ⁽⁴⁾	Effects ⁽⁵⁾			Risk Characterization ⁽⁶⁾			Task Selection ⁽⁷⁾			
				Local	Functional Failure	End	Severity	CL*	CR*	Proposed Action(s)	PL*	PR*	Disp.
1.3	Kerusakan cylinder liner	Wear Out	E	Permukaan cylinder liner yang aus akibat bergesekan dengan torak dapat memicu kebocoran gas kompresi dalam ruang bakar	1.3. Daya main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi kurang dari 3600 kW	Daya output untuk propulsi berkurang	Level 4	Occasional	High	Inspeksi visual terhadap kondisi dari cylinder head serta dilakukan prosedur inspeksi serta tes yang perlu dilakukan [1000 jam] Inspeksi dan cek kondisi cylinder head terhadap residu hasil pembakaran serta kerak yang menempel [3000 jam] Pembersihan cylinder head dari residu, kotoran atau kerak yang ada [3000 jam] Berdasarkan inspeksi visual pada cylinder head dan hasil tes yang dilakukan, diperlukan minor repair apabila kerusakan masih dalam toleransi standar perusahaan	Remote	High	
		Random	H	Crack menyebabkan udara kompresi bocor sehingga mengurangi daya yang dihasilkan	2.3. Putaran main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi kurang dari 720 RPM	Crack mengurangi daya propulsi dan kerusakan parah mengakibatkan major repair pada cylinder liner	Level 4	Occasional	High	Pelaksanaan uji tes yang dilakukan pada cylinder head sesuai prosedur 1.3.P [6000 jam / saat kerusakan (failure) terjadi] Diperlukan replacement apabila kerusakan melebihi toleransi standar minimum atau kerusakan mampu menimbulkan konsekuensi yang besar bagi sistem secara keseluruhan [saat terjadi kerusakan mayor pada komponen]	Remote	High	

No. :		Description : Main Engine Tugboat KT. X											
Item (1)	Failure Mode (2)	Failure Char. (3)	H / E (4)	Effects ⁽⁵⁾			Risk Characterization ⁽⁶⁾			Task Selection ⁽⁷⁾			Disp.
				Local	Functional Failure	End	Severity	CL*	CR*	Proposed Action(s)	PL*	PR*	
1.4	Kerusakan seal lube oil crankshaft	Wear out	H	Terjadi kebocoran pelumas M/E Berkurangnya sirkulasi pelumas dalam engine	4.1. Lube oil inlet temperature M/E kurang dari 60 oC pada saat operasional	Lube oil system yang tidak bersirkulasi dengan baik meningkatkan temperatur engine secara periodik	Level 3	Occasional	Medium	Seal yang rusak mengakibatkan kebocoran lube oil dari crankshaft sehingga diperlukan replacement berkala pada seal [3000 jam] Tindakan replacement dilakukan karena seal yang telah mengalami kerusakan tidak dapat dilakukan perbaikan	Remote	Medium	
1.5	Main Engine tidak bisa start (injection pump trouble)	Random	E	Tidak tercapainya tekanan kompresi yang dibutuhkan dalam starting engine	1.1. Main Engine tidak menghasilkan daya 3600 kW untuk sistem propulsi	Operasional engine secara keseluruhan terhenti karena tidak ada daya yang dihasilkan	Level 3	Occasional	Medium	Pemeriksaan atau functional test dari kompressor untuk mengetahui volume dan tekanan yang dihasilkan pada saat operasional [2500 jam] Pemeriksaan atau functional test dari injection pump untuk mengetahui kinerjanya pada saat pembakaran bahan bakar berlangsung [2500 jam] Salah satu faktor yang mengakibatkan engine tidak bisa start adalah kurangnya input fuel oil menuju ke dalam combustion chamber, dimana dalam failure ini kerusakan terjadi pada komponen fuel injection, kerusakan yang terjadi terjadi seperti pada failure :	Remote	Medium	
		Wear out	E	Tidak terjadi pembakaran dalam combustion chamber Terjadi pembakaran dalam waktu yang lama	1.1. Main Engine tidak menghasilkan daya 3600 kW untuk sistem propulsi	Tidak terjadinya pembakaran dalam combustion chamber menyebabkan M/E tidak beroperasi	Level 3	Occasional	Medium	1.10 ; 1.11 ; 1.12 ; 1.13 ; Sehingga proposed actions yang dilakukan pada failure ini sesuai dengan penyebab kerusakan yang terjadi	Remote	Medium	

No. :		Description : Main Engine Tugboat KT. X											
Item (1)	Failure Mode (2)	Failure Char. (3)	H / E (4)	Effects ⁽⁵⁾			Risk Characterization ⁽⁶⁾			Task Selection ⁽⁷⁾			Disp.
				Local	Functional Failure	End	Severity	CL*	CR*	Proposed Action(s)	PL*	PR*	
1.6	Kebocoran pada jacket cooling	Wear out	E	Penurunan aliran coolant dalam jacket cooling	4.2. Lube oil inlet temperature M/E lebih dari 60 oC pada saat operasional	Temperatur operasional engine meningkat karna jacket cooling tidak bekerja dengan optimal	Level 2	Occasional	Medium	Inspeksi visual terhadap kondisi jacket cooling serta identifikasi kebocoran yang mungkin terjadi serta area yang dijangkau oleh kobocoran tersebut [3000 jam] Pembersihan kebocoran yang telah terjadi sebelum dilakukan cek kondisi dari jacket cooling [3000 jam]	Remote	Medium	
		Random	H	Coolant yang berfungsi sebagai pendingin dalam M/E tidak memberikan pengaruh yang signifikan	4.1. Lube oil inlet temperature M/E kurang dari 60 oC pada saat operasional	Temperatur operasional engine meningkat karna jacket cooling tidak bekerja dengan optimal	Level 2	Occasional	Medium	Pelaksanaan uji tes yang dilakukan pada jacket cooling] sesuai prosedur 1.6.P [6000 jam / saat kerusakan (failure) terjadi]	Remote	Medium	
1.7	Exhaust gas berwarna hitam pekat	Random	E	Terjadi penurunan kompresi dalam ruang bakar	1.3. Daya main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi kurang dari 3600 kW	Tercapainya daya yang optimal atau yang dibutuhkan waktu yang lama	Level 2	Occasional	Medium	Exhaust gas yang berwarna hitam pekat disebabkan oleh beberapa hal, seperti pada failure : 1.10 ; 1.11 ; 1.12 ; 1.13 ; Sehingga proposed actions yang dilakukan pada failure ini sesuai dengan penyebab kerusakan yang terjadi	Remote	Medium	
		Wear out	E	Pembakaran berlebihan dalam combustion chamber meningkatkan temperature engine	1.2. Daya main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi lebih dari 3600 kW	Temperatur dalam engine yang tinggi meningkatkan penggunaan bahan bakar dan residu atau kotoran hasil pembakaran	Level 2	Occasional	Medium		Remote	Medium	

No. :		Description : Main Engine Tugboat KT. X												
Item (1)	Failure Mode (2)	Failure Char. (3)	H / E (4)	Effects (5)			Risk Characterization (6)			Task Selection (7)				
				Local	Functional Failure	End	Severity	CL*	CR*	Proposed Action(s)	PL*	PR*	Disp.	
1.8	Kerusakan air intake manifold	Wear out	E	Korosi dan kerak dalam manifold yang berlebihan dapat menghambat aliran air intake dan mengurangi air intake pressure ke masing-masing silinder	2.3. Putaran main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi kurang dari 720 RPM	Volume dan tekanan air intake yang tidak optimal ke dalam combustion chamber memperlambat terjadinya proses pembakaran	Level 4	Occasional	High	Inspeksi visual terhadap kondisi dari air intake manifold terkait kebocoran yang terjadi [150 jam] Pembersihan manifold dari kerak, residu pembakaran dan korosi [6000 jam] Berdasarkan inspeksi visual pada air intake manifold dan hasil tes yang dilakukan, diperlukan minor repair apabila kerusakan masih dalam toleransi standar perusahaan	Remote	High		
		Random	H	Thermal expansion mampu mengurangi pressure dari air intake serta memicu terjadinya leakage atau kebocoran air intake akibat crack pada manifold	2.3. Putaran main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi kurang dari 720 RPM	Air intake manifold yang masuk ke dalam masing-masing silinder tidak sesuai dengan pressure yang dibutuhkan	Level 4	Occasional	High	Inspeksi visual terhadap thermal expansion yang terjadi sebelum dilakukan cek kondisi manifold apakah terjadi kebocoran atau tidak [150 jam] Pelaksanaan uji tes (meliputi hydrostatic pressure test) yang dilakukan pada pipa manifold sesuai prosedur 1.8.P [6000 jam / saat kerusakan (failure) terjadi] Diperlukan replacement apabila kerusakan melebihi toleransi standar minimum atau kerusakan mampu menimbulkan konsekuensi yang besar bagi sistem secara keseluruhan [saat terjadi kerusakan/kebocoran mayor pada komponen]	Remote	High		

No. :		Description : Main Engine Tugboat KT. X											
Item ⁽¹⁾	Failure Mode ⁽²⁾	Failure Char. ⁽³⁾	H / E ⁽⁴⁾	Effects ⁽⁵⁾			Risk Characterization ⁽⁶⁾			Task Selection ⁽⁷⁾			
				Local	Functional Failure	End	Severity	CL*	CR*	Proposed Action(s)	PL*	PR*	Disp.
1.9	Kerusakan exhaust manifold (bocor)	Wear out	E	Exhaust gas mengandung kotoran berupa korosi dan residu hasil pembakaran yang pekat	2.3. Putaran main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi kurang dari 720 RPM	Terganggunya sirkulasi exhaust gas hasil pembakaran dari combustion chamber menuju udara luar	Level 4	Occasional	High	Inspeksi visual terhadap kondisi dari exhaust manifold terkait kebocoran yang terjadi [100 jam] Pembersihan manifold dari kerak, residu pembakaran dan korosi [6000 jam]	Remote	High	
		Random	H	Nilai temperatur dan pressure exhaust gas yang terlalu tinggi Leakage atau kebocoran exhaust gas akibat crack	2.3. Putaran main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi kurang dari 720 RPM	Exhaust gas yang tidak disirkulasikan dengan baik mampu memicu overheating pada main engine	Level 4	Occasional	High	Inspeksi visual terhadap thermal expansion yang terjadi sebelum dilakukan cek kondisi manifold apakah terjadi kebocoran atau tidak [100 jam] Pelaksanaan uji tes (meliputi hydrostatic pressure test) yang dilakukan pada exhaust manifold sesuai prosedur 1.9.P [6000 jam / saat kerusakan (failure) terjadi] Diperlukan replacement apabila kerusakan melebihi toleransi standar minimum atau kerusakan mampu menimbulkan konsekuensi yang besar bagi sistem secara keseluruhan [saat terjadi kerusakan/kebocoran mayor pada komponen]	Remote	High	

No. :		Description : Main Engine Tugboat KT. X											
Item <small>(1)</small>	Failure Mode <small>(2)</small>	Failure Char. <small>(3)</small>	H / E <small>(4)</small>	Effects ⁽⁵⁾			Risk Characterization ⁽⁶⁾			Task Selection ⁽⁷⁾			
				Local	Functional Failure	End	Severity	CL*	CR*	Proposed Action(s)	PL*	PR*	Disp.
1.10	Filter fuel injection terhambat	Wear out	H	Bahan bakar yang diinjeksikan dalam keadaan kotor karna tercampur oleh kotoran inheren bahan bakar atau residu dalam pipa transfer	1.3. Daya main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi kurang dari 3600 kW	Residu berlebihan dalam combustion chamber menurunkan tekanan kompresi piston sehingga putaran engine tidak normal	Level 3	Occasional	Medium	Pemeriksaan kondisi pipa dengan dilakukan uji tes ketebalan dan kekuatan yang keropos karna korosi dan kerak. Uji hydrostatic bisa dilakukan dengan prosedur 1.10.P [5000 jam / saat kerusakan (failure) terjadi]	Remote	Medium	
		Random	E	Bahan bakar yang tidak sesuai standar mengakibatkan pembakaran tidak sempurna serta menghasilkan residu berlebihan yang melekat pada combustion chamber	1.3. Daya main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi kurang dari 3600 kW	Pembakaran dalam ruang bakar yang tidak sempurna menghasilkan daya output kurang dari spesifikasi yang diharapkan	Level 3	Occasional	Medium	Inspeksi visual pada kondisi pipa dan ruang bakar sebelum dilakukan cek kondisi dan spesifikasi dari bahan bakar yang digunakan [100 jam] Pemeriksaan atau cek jenis bahan bakar yang digunakan apakah sesuai dengan karakteristik engine atau telah berada diluar spesifikasi [saat bunkering fuel oil dilakukan] Pembersihan filter pada fuel injection untuk menghindari terhambatnya aliran bahan bakar ke dalam ruang bakar [2500 jam] Pembersihan residu hasil pembakaran yang melekat dalam ruang bakar untuk mencegah terjadinya pembakaran dalam ruang bakar yang tidak sempurna [6000 jam]	Remote	Medium	

No. :		Description : Main Engine Tugboat KT. X											
Item (1)	Failure Mode (2)	Failure Char. (3)	H / E (4)	Effects ⁽⁵⁾			Risk Characterization ⁽⁶⁾			Task Selection ⁽⁷⁾			
				Local	Functional Failure	End	Severity	CL*	CR*	Proposed Action(s)	PL*	PR*	Disp.
1.11	Fuel injection pump (perlu kalibrasi)	Wear out Random	H	Aliran bahan bakar dari nozzle ke combustion chamber tidak sesuai dengan volume, pressure dan injection timing dari engine specification	1.3. Daya main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi kurang dari 3600 kW	Pembakaran dalam combustion chamber tidak sempurna Penggunaan bahan bakar tidak efisien dan cenderung lebih boros	Level 3	Occasional	Medium	Kalibrasi atau penyetelan pada komponen fuel injection pump dengan menggunakan alat kalibrasi injector [2500 jam] Fuel injection yang dikalibrasi juga diakibatkan kualitas bensin serta residu atau kerak yang menempel pada pipa transfer fuel oil, sehingga diperlukan inspeksi dan tes pada pipa tersebut dengan prosedur 1.11.P [5000 jam / saat kerusakan (failure) terjadi]	Remote	Medium	
1.12	Fuel injection pump inlet and exhaust valve pipe repair	Wear out Random	H	Tekanan dan kuantitas bahan bakar menuju injection pump dan combustion chamber terlalu tinggi	1.3. Daya main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi kurang dari 3600 kW	Penggunaan bahan bakar tidak efisien dan cenderung lebih boros	Level 3	Occasional	Medium	Pembersihan pipa inlet dan exhaust dari exhaust valve pipe untuk mencegah terjadinya hambatan dalam transfer fuel oil maupun hasil pembakaran dalam ruang bakar [2500 jam] Pemeriksaan kondisi pipa dengan dilakukan uji tes ketebalan dan kekuatan yang keropos karna korosi dan kerak. Uji hydrostatic bisa dilakukan dengan prosedur 1.12.P [5000 jam / saat kerusakan (failure) terjadi]	Remote	Medium	

No. :		Description : Main Engine Tugboat KT. X											
Item <small>(1)</small>	Failure Mode <small>(2)</small>	Failure Char. <small>(3)</small>	H / E <small>(4)</small>	Effects ⁽⁵⁾			Risk Characterization ⁽⁶⁾			Task Selection ⁽⁷⁾			
				Local	Functional Failure	End	Severity	CL*	CR*	Proposed Action(s)	PL*	PR*	Disp.
1.13	Fuel injection pump pipe repair	Wear out	H	Korosi yang berlebihan memicu terjadinya crack serta leakage pada pipa sehingga tekanan bahan bakar dalam pipa bisa berkurang secara periodik	1.3. Daya main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi kurang dari 3600 kW	Terjadi kebocoran bahan bakar yang diakibatkan pipa yang mengalami kerusakan	Level 3	Occasional	Medium	Inspeksi visual dari pipa fuel injection sebelum dilakukan cek kondisi serta tes yang diperlukan [2500 jam] Pembersihan dari pipa fuel injection yang kotor atau tersumbat akibat kerak atau kotoran dari kualitas bahan bakar yang buruk atau yang telah terkontaminasi [2500 jam] Pemeriksaan kondisi pipa dengan dilakukan uji tes ketebalan dan kekuatan yang keropos karna korosi dan kerak. Uji hydrostatic bisa dilakukan dengan prosedur 1.13.P [5000 jam / saat kerusakan (failure) terjadi]	Remote	Medium	

No. :		Description : Main Engine Tugboat KT. X											
Item ⁽¹⁾	Failure Mode ⁽²⁾	Failure Char. ⁽³⁾	H / E ⁽⁴⁾	Effects ⁽⁵⁾			Risk Characterization ⁽⁶⁾			Task Selection ⁽⁷⁾			
				Local	Functional Failure	End	Severity	CL *	CR*	Proposed Action(s)	PL*	PR*	Disp.
1.14	Perbaikan pipa isap pompa cooler M/E	Wear out	H	Crack atau korosi pada pipa dapat mempengaruhi tekanan dan temperatur dalam pipa secara periodik	5.1. Temperatur outlet and pressure inlet pada fresh water cooling system kurang dari spesifikasi technical data	Kerusakan pada komponen cooling system pada main engine dapat meningkatkan temperatur operasional dalam engine	Level 3	Occasional	Medium	Inspeksi visual pada pipa serta cek kondisi pipa terhadap kontaminasi kotoran, kerak atau korosi yang terjadi [50 jam] Pembersihan kotoran, kerak dan korosi dari pipa sebelum dilakukan perhitungan ketebalan, uji kebocoran atau uji tes lain yang diperlukan [150 jam] Tindakan uji kekuatan dan kebocoran pipa dengan hydrostatic tes dengan prosedur 1.14.P [8000 jam / saat kerusakan (failure) terjadi] Diperlukan replacement pada pipa apabila hasil dari perhitungan ketebalan pipa melebihi toleransi standar minimum atau telah mengalami kerusakan serta kebocoran [saat terjadi kerusakan, kebocoran atau korosi mayor pada pipa]	Remote	Medium	

No. :		Description : Main Engine Tugboat KT. X											
Item (1)	Failure Mode (2)	Failure Char. (3)	H / E (4)	Effects ⁽⁵⁾			Risk Characterization ⁽⁶⁾			Task Selection ⁽⁷⁾			Disp.
				Local	Functional Failure	End	Severity	CL*	CR*	Proposed Action(s)	PL*	PR*	
1.15	Kerusakan pipa inlet cooler M/E	Wear out	E	Cooling system tidak beroperasi dengan baik	5.2. Temperatur outlet and pressure inlet pada fresh water cooling system lebih dari spesifikasi technical data	Korosi yang mengakibatkan kebocoran dan replacement pipa dapat menghentikan operasional cooling system	Level 3	Occasional	Medium	<p>Inspeksi visual pada pipa serta cek kondisi pipa terhadap kontaminasi kotoran, kerak atau korosi yang terjadi [50 jam]</p> <p>Pembersihan kotoran, kerak dan korosi dari pipa sebelum dilakukan perhitungan ketebalan, uji kebocoran atau uji tes lain yang diperlukan [150 jam]</p> <p>Berdasarkan inspeksi visual pada kondisi pipa, diperlukan minor repair apabila terdapat kerusakan yang masih dalam toleransi standar perusahaan</p> <p>Tindakan uji kekuatan dan kebocoran pipa dengan hydrostatic tes dengan prosedur 1.15.P [8000 jam / saat kerusakan (failure) terjadi]</p>	Remote	Medium	
		Random	H	Terganggunya aliran coolant menuju ke M/E	5.2. Temperatur outlet and pressure inlet pada fresh water cooling system lebih dari spesifikasi technical data	Terjadi kebocoran coolant (freshwater) yang diakibatkan pipa yang mengalami crack	Level 3	Occasional	Medium	<p>Diperlukan replacement pada pipa apabila hasil dari perhitungan ketebalan pipa melebihi toleransi standar minimum atau telah mengalami kerusakan serta kebocoran [saat terjadi kerusakan, kebocoran atau korosi mayor pada pipa]</p>	Remote	Medium	

No. :		Description : Main Engine Tugboat KT. X											
Item (1)	Failure Mode (2)	Failure Char. (3)	H / E (4)	Effects ⁽⁵⁾			Risk Characterization ⁽⁶⁾			Task Selection ⁽⁷⁾			Disp.
				Local	Functional Failure	End	Severity	CL*	CR*	Proposed Action(s)	PL*	PR*	
1.16	Kerusakan pipa outlet cooler M/E (keropos)	Wear out	E	Terganggunya aliran coolant menuju ke M/E	5.1. Temperatur outlet and pressure inlet pada fresh water cooling system kurang dari spesifikasi technical data	Korosi yang mengakibatkan kebocoran dan replacement pipa dapat menghentikan operasional cooling system	Level 3	Occasional	Medium	<p>Inspeksi visual pada pipa serta cek kondisi pipa terhadap kontaminasi kotoran, kerak atau korosi yang terjadi [50 jam]</p> <p>Pembersihan kotoran, kerak dan korosi dari pipa sebelum dilakukan perhitungan ketebalan, uji kebocoran atau uji tes lain yang diperlukan [150 jam]</p> <p>Berdasarkan inspeksi visual pada kondisi pipa, diperlukan minor repair apabila terdapat kerusakan yang masih dalam toleransi standar perusahaan</p>	Remote	Medium	
		Random	H	Pressure aliran pipa berkurang Cooling system tidak beroperasi dengan baik	5.1. Temperatur outlet and pressure inlet pada fresh water cooling system kurang dari spesifikasi technical data	Terjadi kebocoran coolant (freshwater) yang diakibatkan pipa yang mengalami crack	Level 3	Occasional	Medium	<p>Tindakan uji kekuatan dan kebocoran pipa dengan hydrostatic tes dengan prosedur 1.16.P [8000 jam / saat kerusakan (failure) terjadi]</p> <p>Diperlukan replacement pada pipa apabila hasil dari perhitungan ketebalan pipa melebihi toleransi standar minimum atau telah mengalami kerusakan serta kebocoran [saat terjadi kerusakan, kebocoran atau korosi mayor pada pipa]</p>	Remote	Medium	

No. :		Description : Main Engine Tugboat KT. X											
Item ⁽¹⁾	Failure Mode ⁽²⁾	Failure Char. ⁽³⁾	H / E ⁽⁴⁾	Effects ⁽⁵⁾			Risk Characterization ⁽⁶⁾			Task Selection ⁽⁷⁾			
				Local	Functional Failure	End	Severity	CL *	CR*	Proposed Action(s)	PL*	PR*	Disp.
1.17	Penggantian pipa air tawar expansion tank	Wear out	E	Korosi yang parah memicu terjadinya kebocoran Tidak ada aliran freshwater sebagai coolant untuk cooling system M/E	5.1. Temperatur outlet and pressure inlet pada fresh water cooling system kurang dari spesifikasi technical data	Coolant yang tidak bersirkulasi dengan baik dan berkelanjutan mampu memicu terjadinya engine overheating	Level 3	Occasional	Medium	Pemeriksaan volume atau isi dari freshwater expansion tank [24 jam/ daily check] Pembersihan dari freshwater expansion tank dari endapan, kerak atau kotoran [3000 jam] Inspeksi visual terhadap kondisi fisik pipa freshwater expansion tank serta pembersihan terhadap kerak atau korosi dan perhitungan ketebalan pipa [3000 jam] Diperlukan replacement apabila pipa telah mengalami kerusakan yang mengakibatkan kebocoran freshwater dari pipa expansion tank [saat kerusakan/ kebocoran (failure) terjadi]. Tindakan ini dilakukan karna kebocoran memberikan dampak langsung terhadap siklus cooling system pada main engine	Remote	Medium	

No. :		Description : Main Engine Tugboat KT. X											
Item ⁽¹⁾	Failure Mode ⁽²⁾	Failure Char. ⁽³⁾	H / E ⁽⁴⁾	Effects ⁽⁵⁾			Risk Characterization ⁽⁶⁾			Task Selection ⁽⁷⁾			
				Local	Functional Failure	End	Severity	CL*	CR*	Proposed Action(s)	PL*	PR*	Disp.
1.18	Kerusakan thermostat cooler	Wear out	H	Tidak ada controlling terhadap temperatur coolant yang akan masuk ke dalam main engine sehingga temperatur dapat lebih rendah atau lebih tinggi dari spesifikasi engine	4.1. Lube oil inlet temperature M/E kurang dari 60 oC pada saat operasional	Apabila temperatur dari coolant terlalu rendah pada saat melewati engine maka dapat memberikan sifat getas pada komponen metal engine	Level 4	Occasional	High	Inspeksi visual terhadap thermostat, untuk mendeteksi keadaan fisik thermostat [2000 jam] Functional test atau pemeriksaan terhadap aliran dalam thermostat, apakah terjadi hambatan serta anomali atau tidak [2000 jam] Pengujian testing stress-corrosion cracking of stainless steel nozzle parts (ABS Rules 4.7.4/4.11.2) Diperlukan replacement pada thermostat secara berkala [3000 jam]	Remote	High	
		Wear out	H	Coolant yang terkontaminasi tidak mampu bekerja secara optimal dalam cooling system sehingga engine tidak bekerja dalam temperatur operasional	4.1. Lube oil inlet temperature M/E kurang dari 60 oC pada saat operasional	Penurunan performa engine serta umur operasional engine akan berkurang secara periodik Penggunaan bahan bakar yang cenderung lebih boros	Level 4	Occasional	High		Remote	High	

No. :		Description : Main Engine Tugboat KT. X											
Item (1)	Failure Mode (2)	Failure Char. (3)	H / E (4)	Effects ⁽⁵⁾			Risk Characterization ⁽⁶⁾			Task Selection ⁽⁷⁾			Disp.
				Local	Functional Failure	End	Severity	CL*	CR*	Proposed Action(s)	PL*	PR*	
1.19	Kerusakan heat exchanger	Wear out	H	Kerusakan heat exchanger mengakibatkan cooling system dari M/E tidak bekerja secara optimal sehingga temperatur operasional engine meningkat secara periodik	5.2. Temperatur outlet and pressure inlet pada fresh water cooling system lebih dari spesifikasi technical data	Apabila coolant memiliki temperatur yang terlalu tinggi, dapat terjadi thermal expansion pada komponen M/E dan memicu terjadinya crack Apabila coolant memiliki temperatur yang terlalu rendah, dapat memberikan sifat getas atau fatigue pada komponen M/E secara periodik	Level 3	Occasional	Medium	Inspeksi visual terhadap kondisi dari heat exchanger serta identifikasi awal dari kerusakan yang mungkin terjadi pada komponen [2750 jam / 4 bulan operasional] Pembersihan pipa-pipa dalam heat exchanger yang terdapat kotoran, kerak atau korosi akibat operasional komponen [2750 jam / 4 bulan operasional] Functional test pada komponen heat exchanger [1000 jam] Pemeriksaan serta identifikasi spesifikasi meliputi design pressure, temperature dan volume serta definisinya berdasarkan prosedur 1.19.P [7000 jam]	Remote	Medium	
		Random	E	Tidak ada kontrol temperatur pada fluida (coolant) yang bersirkulasi Temperatur inlet pada coling system M/E berada pada nilai yang rendah	5.2. Temperatur outlet and pressure inlet pada fresh water cooling system lebih dari spesifikasi technical data	Engine overheating (operasional diatas temperatur normal) Overheating secara konstan mampu menyebabkan crack pada komponen M/E (ex: Cylinder head, Piston, Connecting rod etc)	Level 3	Occasional	Medium		Remote	Medium	

No. :		Description : Main Engine Tugboat KT. X											
Item (1)	Failure Mode (2)	Failure Char. (3)	H / E (4)	Effects ⁽⁵⁾			Risk Characterization ⁽⁶⁾			Task Selection ⁽⁷⁾			Disp.
				Local	Functional Failure	End	Severity	CL*	CR*	Proposed Action(s)	PL*	PR*	
1.20	Engine overheating	Wear in Random Wear out	H	Peningkatan temperatur yang berlebihan pada saat operasional engine Terjadinya kebocoran pada seal Thermal expansion pada komponen metal dari M/E Pembakaran berlebihan dalam combustion chamber meningkatkan penggunaan bahan bakar	5.2. Temperatur outlet and pressure inlet pada fresh water cooling system lebih dari spesifikasi technical data	Cylinder head dapat melengkung Crack pada cylinder bore Crankshaft dapat patah akibat overheat yang parah Degradasi performa pada engine dalam jangka panjang	Level 4	Occasional	High	Engine overheating disebabkan oleh beberapa hal, seperti pada failure berikut: 1.1 ; 1.3 ; 1.4 ; 1.6 ; 1.7 ; 1.8 ; 1.9 ; 1.14 ; 1.15 ; 1.16 ; 1.17 ; 1.19 ; 1.21 ; 1.24 ; 1.25 ; 1.31 ; Sehingga proposed actions yang dilakukan pada engine overheating sesuai dengan penyebab kerusakan yang terjadi	Remote	High	Detail requirements dari ABS dijalankan pada saat repair

No. :		Description : Main Engine Tugboat KT. X											
Item <small>(1)</small>	Failure Mode <small>(2)</small>	Failure Char. <small>(3)</small>	H / E <small>(4)</small>	Effects ⁽⁵⁾			Risk Characterization ⁽⁶⁾			Task Selection ⁽⁷⁾			
				Local	Functional Failure	End	Severity	CL*	CR*	Proposed Action(s)	PL*	PR*	Disp.
1.21	Pipa dan strainer cooling system dari sea chest M/E rusak	Wear out	E	Fluida yang dialirkan sebagai coolant tidak mengalami penyaringan sehingga terkontaminasi kotoran Fluida yang masuk ke pompa dalam keadaan kotor	5.1. Temperatur outlet and pressure inlet pada fresh water cooling system kurang dari spesifikasi technical data	Kotoran yang masuk dalam pompa dapat mengendap, menimbulkan kerak serta merusak pompa secara berkelanjutan	Level 2	Occasional	Medium	Inspeksi visual pada kondisi pipa dan strainer serta identifikasi kerusakan yang mungkin terjadi pada pipa dan strainer [24 jam/ daily check] Pembersihan strainer dari kotoran,kerak atau korosi yang bisa menghambat aliran seawater untuk cooling system [100 jam] Pemeriksaan serta identifikasi spesifikasi pipa dan strainer dengan prosedur 1.21.P [7000 jam / saat annual survey] Diperlukan replacement apabila pipa mengalami korosi parah yang mengakibatkan ketebalan pipa melebihi toleransi standar minimum atau telah mengalami kerusakan serta kebocoran [saat kerusakan/ kebocoran mayor terjadi] Diperlukan replacement pada strainer apabila lubang penyaring telah melewati spesifikasi awal strainer atau telah mengalami korosi [saat kerusakan/ kebocoran mayor terjadi]	Remote	Medium	

No. :		Description : Main Engine Tugboat KT. X											
Item (1)	Failure Mode (2)	Failure Char. (3)	H / E (4)	Effects ⁽⁵⁾			Risk Characterization ⁽⁶⁾			Task Selection ⁽⁷⁾			Disp.
				Local	Functional Failure	End	Severity	CL*	CR*	Proposed Action(s)	PL*	PR*	
1.22	Kerusakan pompa seawater cooler	Wear out	E	Tidak ada aliran seawater sebagai coolant menuju heat exchanger Heat exchanger mengalami overheating	5.2. Temperatur outlet and pressure inlet pada fresh water cooling system lebih dari spesifikasi technical data	Heat exchanger dapat mengalami kerusakan akibat overheating Kerusakan komponen pendukung operasional M/E mengakibatkan terhambatnya kinerja M/E secara keseluruhan	Level 4	Occasional	High	Inspeksi visual pada kondisi fisik dari pompa dan identifikasi awal kerusakan yang mungkin terjadi pada pompa [1000 jam] Pembersihan kotoran, kerak atau korosi pada pompa yang memungkinkan untuk mengganggu operasional kerja pompa [1000 jam] Functional test terhadap pompa dalam kondisi normal guna identifikasi karakteristik pompa [2000 jam] Identifikasi pompa meliputi fungsi, kinerja dan tes yang perlu dilakukan pada pompa dengan beberapa pertimbangan dan prosedur 1.22.P [8000 jam]	Remote	High	
		Wear Out	E	Volume dan pressure dari pompa berkurang akibat terjadinya endapan serta korosi dalam pompa sehingga operasional dari cooling system ke M/E terganggu Temperatur coolant tinggi pada saat masuk ke dalam M/E	5.2. Temperatur outlet and pressure inlet pada fresh water cooling system lebih dari spesifikasi technical data	Temperatur rendah coolant pada masuk ke dalam M/E memicu crack dan fatigue pada komponen M/E Crack atau fatigue pada komponen mampu menurunkan efisiensi pembakaran dalam M/E	Level 4	Occasional	High		Remote	High	

No. :		Description : Main Engine Tugboat KT. X											
Item <small>(1)</small>	Failure Mode <small>(2)</small>	Failure Char. <small>(3)</small>	H / E <small>(4)</small>	Effects ⁽⁵⁾			Risk Characterization ⁽⁶⁾			Task Selection ⁽⁷⁾			
				Local	Functional Failure	End	Severity	CL*	CR*	Proposed Action(s)	PL*	PR*	Disp.
1.23	Kerusakan pipa fuel oil transfer pump	Wear out	E	Apabila terjadi kebocoran pipa maka tekanan serta temperatur fuel oil pada aliran pipa akan berkurang	1.3. Daya main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi kurang dari 3600 kW	Tekanan dan temperatur inlet dari fuel oil pada saat masuk settling tank tidak sesuai rekomendasi manufaktur Kebocoran fuel oil pada pipa yang mengalami kerusakan parah memicu terjadinya kebakaran	Level 3	Occasional	Medium	Pemeriksaan awal terhadap kondisi, karakteristik maupun kerusakan yang terjadi dengan inspeksi visual pada pipa serta pembersihan kotoran, kerak atau korosi yang ada pada pipa [150 jam] Identifikasi karakteristik dan tes yang perlu dilakukan berupa tindakan uji kekuatan dan kebocoran pipa dengan hydrostatic tes dengan prosedur 1.23.P [8000 jam / saat kerusakan (failure) terjadi] Diperlukan replacement apabila ketebalan pipa melebihi toleransi standar minimum atau telah mengalami kerusakan serta kebocoran [saat terjadi kerusakan, kebocoran atau korosi mayor pada pipa]	Remote	Medium	
1.24	Kerusakan pipa inlet lube oil transfer pump	Wear out	E	Korosi yang parah memicu terjadinya kebocoran Aliran lube oil dari lube oil bottom tank menjadi terhambat	4.1. Lube oil inlet temperature M/E kurang dari 60 oC pada saat operasional	Aliran lube oil menuju ke M/E terhenti Lube oil sebagai sistem pendingin M/E yang tidak bekerja dengan baik mampu memicu engine overheating Mampu menimbulkan dampak seperti pada 1.2 ; 1.3	Level 3	Occasional	Medium	Pemeriksaan awal terhadap kondisi, karakteristik maupun kerusakan yang terjadi dengan inspeksi visual pada pipa serta pembersihan kotoran, kerak atau korosi yang ada pada pipa [150 jam] Identifikasi karakteristik dan tes yang perlu dilakukan berupa tindakan uji kekuatan dan kebocoran pipa dengan hydrostatic tes dengan prosedur 1.24.P [8000 jam / saat kerusakan (failure) terjadi] Diperlukan replacement apabila ketebalan pipa melebihi toleransi standar minimum atau telah mengalami kerusakan serta kebocoran [saat terjadi kerusakan, kebocoran atau korosi mayor pada pipa]	Remote	Medium	

No. :		Description : Main Engine Tugboat KT. X											
Item ⁽¹⁾	Failure Mode ⁽²⁾	Failure Char. ⁽³⁾	H / E ⁽⁴⁾	Effects ⁽⁵⁾			Risk Characterization ⁽⁶⁾			Task Selection ⁽⁷⁾			
				Local	Functional Failure	End	Severity	CL*	CR*	Proposed Action(s)	PL*	PR*	Disp.
1.25	Kerusakan evaporator pendingin kamar mesin	Random	E	Aliran dalam pipa kapiler terhambat kotoran maupun kerak Pengurangan ketebalan pipa kapiler mampu memicu penguapan yang lebih cepat dan menimbulkan korosi dalam pipa	2.2. Putaran main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi lebih dari 720 RPM	Temperatur kamar mesin (lingkungan) yang terlalu tinggi memicu peningkatan temperatur kerja atau operasional M/E Operasional M/E di atas temperatur operasional mengakibatkan engine overheating dan menimbulkan dampak seperti pada 1.2 ; 1.3	Level 2	Occasional	Medium	Pemeriksaan indikator filter udara [24 jam/ daily check] Inspeksi visual terhadap kondisi pipa-pipa dari evaporator serta cek kondisi kotoran, kerak atau korosi yang telah terjadi dalam evaporator [200 jam] Pembersihan evaporator apabila memiliki kerak atau kotoran yang menyumbat, serta korosi yang telah terjadi [200 jam] Identifikasi korosi dan kebocoran yang terjadi pada pipa evaporator [200 jam] Ulangi operasional kerja dari refrigerant system untuk pemeriksaan terjadinya kebocoran pipa atau tidak Diperlukan replacement apabila ketebalan pipa melebihi toleransi standar minimum atau telah mengalami kerusakan serta kebocoran [saat terjadi kerusakan mayor pada pipa kapiler maupun evaporator secara keseluruhan]	Remote	Medium	
		Wear out	E	Temperatur udara masuk ke evaporator yang terlalu rendah memperlambat proses penguapan	2.2. Putaran main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi lebih dari 720 RPM	Meningkatnya temperatur dalam kamar mesin berada di atas temperatur normal karna pendingin ruangan tidak bekerja dengan baik	Level 2	Probable	Medium		Occasional	Medium	

No. :		Description : Main Engine Tugboat KT. X											
Item (1)	Failure Mode (2)	Failure Char. (3)	H / E (4)	Effects ⁽⁵⁾			Risk Characterization ⁽⁶⁾			Task Selection ⁽⁷⁾			Disp.
				Local	Functional Failure	End	Severity	CL*	CR*	Proposed Action(s)	PL*	PR*	
1.26	Kerusakan governor M/E	Wear out	H	Tidak ada controlling terhadap aliran bahan bakar menuju injection pump	1.3. Daya main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi kurang dari 3600 kW	Tidak ada controlling terhadap kecepatan rata-rata M/E pada saat terjadi fluktuasi beban	Level 3	Occasional	Medium	<p>Inspeksi visual terhadap kondisi visual dari governors [1000 jam]</p> <p>Pemeriksaan dan pembersihan apabila terjadi korosi dan kotoran yang menghambat aliran bahan bakar dan kinerja governor [1000 jam]</p> <p>Penggantian governor lube oil sebelum dilakukan tes [1500 jam]</p> <p>Functional test terhadap governor dalam kondisi normal serta identifikasi kerusakan atau anomali yang terjadi [1500 jam]</p>	Remote	Medium	
		Random	H	<p>Aliran bahan bakar ke dalam combustion chamber bisa lebih sedikit atau lebih banyak dari spesifikasi yang ditetapkan</p> <p>Terjadi pembakaran yang berlebihan atau kurang dari operasional normal dalam combustion chamber</p>	1.2. Daya main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi lebih dari 3600 kW	<p>Apabila bahan bakar yang mengalir terlalu sedikit, maka engine akan sulit start pada awal operasional atau daya output yang dihasilkan terlalu rendah</p> <p>Apabila bahan bakar yang mengalir terlalu banyak, maka terjadi pembakaran berlebihan dalam combustion chamber, meningkatkan residu dan memicu engine overheating</p>	Level 3	Occasional	Medium	<p>Pemeriksaan karakteristik serta pelaksanaan uji/tes yang perlu dilakukan pada governor dengan prosedur 1.26.P [6000 jam]</p>	Remote	Medium	

No. :		Description : Main Engine Tugboat KT. X											
Item (1)	Failure Mode (2)	Failure Char. (3)	H / E (4)	Effects ⁽⁵⁾			Risk Characterization ⁽⁶⁾			Task Selection ⁽⁷⁾			Disp.
				Local	Functional Failure	End	Severity	CL*	CR*	Proposed Action(s)	PL*	PR*	
1.27	Kapasitas udara dalam tabung reservoir (botol angin) tidak maksimum	Wear out	E	Adanya korosi yang parah memicu kebocoran pada tabung reservoir Kapasitas botol angin tidak memenuhi kebutuhan starting engine	1.1. Main Engine tidak menghasilkan daya 3600 kW untuk sistem propulsi	Engine tidak mampu start pada waktu yang telah ditentukan Operational delays	Level 4	Occasional	High	Pemeriksaan volume, temperatur dan pressure dalam tabung reservoir [24 jam / daily check] Functional test pada air starting system meliputi air compressor dan air reservoir [24 jam / daily check] Kapasitas botol angin yang tidak maksimum dipengaruhi beberapa faktor yaitu degradasi performa kompresor, kerusakan pipa menuju tabung reservoir, dan kebocoran dari tabung reservoir 1. Air Compressor Standar air compressor test tidak diatur dalam rules ABS, namun ditentukan berdasarkan kriteria yang ada dalam ABS Rules 4.6.5/9.3.1 [ABS Rules 4.6.5/9.3.3]	Remote	High	
		Wear out	E	Tekanan inlet ke cylinder head kurang dari tekanan operasi normal	1.1. Main Engine tidak menghasilkan daya 3600 kW untuk sistem propulsi	Cylinder head tidak terdorong oleh tekanan udara yang rendah Starting engine memerlukan waktu yang lebih lama daripada operasi normal	Level 4	Probable	High	2. Air Reservoir Identifikasi number and capacity of air reservoir [ABS Rules 4.6.5/9.5.1 (a)] Pemeriksaan certification of starting air reservoir berdasarkan aturan ABS [ABS Rules 4.6.5/9.5.2] Diperlukan repair apabila reservoir tidak memenuhi sertifikasi tersebut, atau sesuai jenis kerusakan atau kebocoran yang terjadi	Occasional	High	

No. :		Description : Main Engine Tugboat KT. X											
Item ⁽¹⁾	Failure Mode ⁽²⁾	Failure Char. ⁽³⁾	H / E ⁽⁴⁾	Effects ⁽⁵⁾			Risk Characterization ⁽⁶⁾			Task Selection ⁽⁷⁾			
				Local	Functional Failure	End	Severity	CL *	CR*	Proposed Action(s)	PL *	PR*	Disp.
1.28	Kapasitas udara dalam tabung reservoir (botol angin) tidak maksimum (kerusakan pipa menuju reservoir)	Wear out	E	Adanya korosi yang parah memicu kebocoran pada tabung reservoir Tekanan inlet ke cylinder head kurang dari tekanan operasi normal Kapasitas botol angin tidak memenuhi kebutuhan starting engine	1.1. Main Engine tidak menghasilkan daya 3600 kW untuk sistem propulsi	Cylinder head tidak terdorong oleh tekanan udara yang rendah Starting engine memerlukan waktu yang lebih lama daripada operasi normal Engine tidak mampu start pada waktu yang telah ditentukan	Level 4	Occasional	High	Inspeksi visual dan cek kondisi pipa transfer air reservoir [24 jam / daily check] Pembersihan pipa dari kotoran, kerak dan korosi yang terjadi sebelum dilakukan tes kondisi pipa guna mengetahui ketebalan dan kemungkinan kebocoran yang terjadi pada pipa dengan prosedur 1.28.P [8000 jam]	Remote	High	

No. :		Description : Main Engine Tugboat KT. X											
Item ⁽¹⁾	Failure Mode ⁽²⁾	Failure Char. ⁽³⁾	H / E ⁽⁴⁾	Effects ⁽⁵⁾			Risk Characterization ⁽⁶⁾			Task Selection ⁽⁷⁾			
				Local	Functional Failure	End	Severity	CL *	CR*	Proposed Action(s)	PL*	PR*	Disp.
1.29	Kerusakan intercooler	Wear in Random Wear out	H	Udara masuk ke ruang pembakaran memiliki temperatur yang tinggi	2.2. Putaran main engine yang dihasilkan untuk sistem propulsi lebih dari 720 RPM	Udara dengan temperatur tinggi membuat kompresi engine tidak maksimal Dapat memicu terjadinya pembakaran yang terlalu cepat dalam combustion chamber Kerusakan yang berkelanjutan dapat menjadi tahap awal terjadinya engine overheating	Level 3	Probable	High	Inspeksi visual dan cek kondisi intercooler [2000 jam] Pembersihan intercooler dari korosi atau kotoran sebelum dilakukan functional test [2000 jam] Functional test pada intercooler sesuai keadaan normal pada saat operasional [2000 jam] Pelaksanaan pressure test pada intercooler sesuai dengan ketentuan ABS yaitu tekanan sebesar 4 bar atau 1,5 kali tekanan maksimum intercooler dari manufaktur [5000 jam] [ABS Rules 4.2.1/Table 2] Berdasarkan hasil pressure test, identifikasi kerusakan atau kebocoran yang terjadi pada intercooler, diperlukan repair atau replacement intercooler berdasarkan hasil uji serta tingkat kerusakan yang terjadi [saat terjadi kerusakan atau kebocoran mayor pada intercooler]	Occasional	Medium	

No. :		Description : Main Engine Tugboat KT. X											
Item <small>(1)</small>	Failure Mode <small>(2)</small>	Failure Char. <small>(3)</small>	H / E <small>(4)</small>	Effects ⁽⁵⁾			Risk Characterization ⁽⁶⁾			Task Selection ⁽⁷⁾			
				Local	Functional Failure	End	Severity	CL*	CR*	Proposed Action(s)	PL*	PR*	Disp.
1.30	Pressure lube oil turun (degradasi performa pompa)	Random Wear out	E	Tekanan lube oil ketika masuk ke dalam engine tidak sesuai spesifikasi Lube oil tidak mampu mencapai seluruh komponen main engine	4.3. Lube oil inlet pressure M/E kurang dari 4 bar pada saat operasional	Lube oil tidak mampu menjaga temperatur kerja engine pada keadaan normal Residu hasil pembakaran tidak mampu dibersihkan oleh lube oil yang tidak bekerja maksimal	Level 3	Probable	High	Inspeksi visual pada pompa terkait kondisi fisik maupun korosi yang terjadi [3000 jam / 4 bulan operasional] Pembersihan kotoran atau korosi yang terjadi pada pompa sebelum dilakukan uji tes pada tahap selanjutnya [3000 jam / 4 bulan operasional] Functional test pada pompa pada kondisi normal untuk cek karakteristik atau spesifikasi pompa dari manufaktur [3000 jam / 4 bulan operasional] Pemeriksaan pada pompa serta tes yang perlu dilakukan dengan prosedur 1.30.P [6000 jam]	Occasional	Medium	
1.31	Pressure lube oil turun (kerusakan pipa inlet lube oil)	Random Wear out	E	Transfer lube oil dari tangki discharge tidak berjalan dengan baik Proses lube oil system terhambat dan tidak mencapai tekanan yang diharapkan	4.3. Lube oil inlet pressure M/E kurang dari 4 bar pada saat operasional	Penurunan tekanan yang signifikan menyebabkan lube oil tidak bekerja secara maksimal sehingga lube oil tidak mampu menjaga temperatur kerja engine pada keadaan normal Memicu terjadinya overheating	Level 3	Probable	High	Inspeksi visual pada kondisi pipa serta pemeriksaan kebocoran yang mungkin terjadi [200 jam] Pembersihan pipa dari kotoran, kerak atau korosi yang dimungkinkan mampu menghambat aliran lube oil pada saat kondisi operasional [200 jam] Pemeriksaan pipa dalam lube oil systems serta tes yang perlu dilakukan pada pipa guna mengetahui letak kebocoran yang mungkin terjadi serta identifikasi kekuatan pipa berdasarkan prosedur 1.31.P [8000 jam]	Occasional	Medium	

LAMPIRAN 6

Summary of Maintenance Task

SUMMARY OF MAINTENANCE TASK							
Maintenance Category :		Kategori A					
Functional Group :		Propulsion					
System :		Diesel Engine					
Equipment Item :		Main Engine Tugboat KT. X					
Component :		Parts of internal-combustion engines					
Task	Task Type	Item No.	Risk		Frequency	Procedure No. Or Class Reference	Comments
			Current	Projected			
Inspeksi visual terhadap kondisi dari cylinder head and cylinder liner	CM	1.2 ; 1.3	Medium	Medium	1000 jam dan/atau Dilakukan pada: 1. Tes deteksi kerusakan atau kebocoran 2. Pada saat kerusakan (failure) terjadi	-	Inspeksi dilakukan untuk pendeteksian awal kondisi fisik dari komponen terkait crack, korosi, dan aus
Cek kondisi serta pembersihan cylinder head dan cylinder liner dari residu pembakaran, kotoran, kerak dan korosi yang menempel	CM	1.2 ; 1.3	High	High	3000 jam dan/atau Dilakukan pada: 1. Tes deteksi kerusakan atau kebocoran 2. Pada saat kerusakan (failure) terjadi	-	Pembersihan berkala difungsikan untuk menghindari penurunan kompresi atau performa engine akibat kontaminasi kotoran atau kerak pada saat terjadi pembakaran dalam combustion chamber
Replacement pada seal lube oil crankshaft	OTC	1.4	Medium	Medium	3000 jam dan/atau Dilakukan pada: 1. Pada saat kerusakan (failure) terjadi	-	Penggantian seal secara berkala dilakukan karna seal yang telah mengalami kerusakan, tidak dapat dilakukan perbaikan

SUMMARY OF MAINTENANCE TASK							
Maintenance Category :		Kategori A					
Functional Group :		Propulsion					
System :		Diesel Engine					
Equipment Item :		Main Engine Tugboat KT. X					
Component :		Parts of internal-combustion engines					
Task	Task Type	Item No.	Risk		Frequency	Procedure No. Or Class Reference	Comments
			Current	Projected			
Inspeksi visual terhadap kondisi dari jacket cooling	PM	1.6	Medium	Medium	3000 jam dan/atau Dilakukan pada: 1. Pada saat kerusakan (failure) terjadi	-	Inspeksi dilakukan untuk pendeteksian awal kondisi fisik dari komponen terkait crack, korosi, dan kebocoran
Cek kondisi serta pembersihan jacket cooling dari kotoran, kerak dan korosi yang menempel	PM	1.6	Medium	Medium	3000 jam dan/atau Dilakukan pada: 1. Pada saat kerusakan (failure) terjadi	-	Pembersihan berkala difungsikan untuk mencegah terjadinya hambatan aliran cooling pada saat operasional yang diakibatkan oleh kontaminasi kotoran atau kerak hasil penggunaan normal
Inspeksi visual terhadap kondisi dan thermal expansion dari air intake manifold	PM	1.8	High	High	150 jam dan/atau Dilakukan pada: 1. Tes deteksi kerusakan atau kebocoran 2. Pada saat kerusakan (failure) terjadi	-	Pengecekan dilakukan untuk mendeteksi kebocoran, thermal expansion dari pipa, serta korosi yang mungkin terjadi pada pipa

SUMMARY OF MAINTENANCE TASK							
Maintenance Category :		Kategori A					
Functional Group :		Propulsion					
System :		Diesel Engine					
Equipment Item :		Main Engine Tugboat KT. X					
Component :		Parts of internal-combustion engines					
Task	Task Type	Item No.	Risk		Frequency	Procedure No. Or Class Reference	Comments
			Current	Projected			
Inspeksi visual terhadap kondisi dan thermal expansion dari exhaust manifold	PM	1.9	High	High	100 jam dan/atau Dilakukan pada: 1. Tes deteksi kerusakan atau kebocoran 2. Pada saat kerusakan (failure) terjadi	-	Pengecekan dilakukan untuk mendeteksi kebocoran, thermal expansion dari pipa, serta korosi yang mungkin terjadi pada pipa
Pemeriksaan dan identifikasi jenis bahan bakar yang digunakan	CM	1.10 ;	Medium	Medium	Dilakukan berkala pada saat bunkering fuel oil	-	Pemeriksaan jenis dan karakteristik bahan bakar yang digunakan bertujuan untuk menghindari dampak penggunaan bahan bakar diluar spesifikasi mesin yang berakibat buruk pada sistem secara berkelanjutan
Pembersihan filter fuel oil injection	CM	1.10 ;	Medium	Medium	2500 jam dan/atau Dilakukan pada: 1. Pada saat kerusakan (failure) atau hambatan aliran terjadi	-	Pembersihan secara berkala pada filter berfungsi untuk menghindari hambatan aliran fuel oil pada fuel oil injection pada saat kondisi operasional

SUMMARY OF MAINTENANCE TASK							
Maintenance Category :		Kategori A					
Functional Group :		Propulsion					
System :		Diesel Engine					
Equipment Item :		Main Engine Tugboat KT. X					
Component :		Parts of internal-combustion engines					
Task	Task Type	Item No.	Risk		Frequency	Procedure No. Or Class Reference	Comments
			Current	Projected			
Pembersihan residu hasil pembakaran dalam combustion chamber	PM	1.10 ;	Medium	Medium	6000 jam	-	Pembersihan residu hasil pembakaran secara berkala pada combustion chamber berfungsi untuk menghindari tercampurnya residu atau kerak tersebut pada saat pembakaran berlangsung yang memicu terjadinya pembakaran tidak sempurna pada saat kondisi operasional
Kalibrasi fuel injection pump	PM	1.11 ;	Medium	Medium	2500 jam dan/atau Dilakukan pada saat: 1. Terjadi anomali fungsi pada fuel injection	-	Penyetelan yang dilakukan dengan alat kalibrasi injector difungsikan agar fuel injection pump bekerja tepat pada spesifikasi yang ditentukan

SUMMARY OF MAINTENANCE TASK							
Maintenance Category :		Kategori A					
Functional Group :		Propulsion					
System :		Diesel Engine					
Equipment Item :		Main Engine Tugboat KT. X					
Component :		Parts of internal-combustion engines					
Task	Task Type	Item No.	Risk		Frequency	Procedure No. Or Class Reference	Comments
			Current	Projected			
Cek kondisi dan pembersihan pipa fuel injection pump dan exhaust valve pipe	PM	1.12 ; 1.13	Medium	Medium	2500 jam	-	Pembersihan secara berkala pada pipa berfungsi untuk menghindari hambatan aliran fuel oil pada fuel oil injection pada saat kondisi operasional
Inspeksi visual dan pembersihan governor	CM	1.26	Medium	Medium	1000 jam	-	Pembersihan secara berkala pada governor berfungsi untuk menghindari hambatan aliran fuel oil oleh governor pada saat proses pembakaran
Penggantian governor lube oil	CM	1.26	Medium	Medium	1500 jam	-	Governor lube oil berfungsi sebagai pelumas governor pada saat operasional, sehingga sesuai dengan kapasitas yang dibutuhkan

SUMMARY OF MAINTENANCE TASK							
Maintenance Category :		Kategori A					
Functional Group :		Propulsion					
System :		Diesel Engine					
Equipment Item :		Main Engine Tugboat KT. X					
Component :		Parts of internal-combustion engines					
Task	Task Type	Item No.	Risk		Frequency	Procedure No. Or Class Reference	Comments
			Current	Projected			
Functional test pada governor	CM	1.26	Medium	Medium	1500 jam	-	Functional test dilakukan pada kondisi operasional normal untuk mendeteksi anomali fungsi atau kerusakan pada governor
Pemeriksaan fungsi, kinerja dan tes yang dilakukan pada governor	FF	1.26	Medium	Medium	6000 jam	Sesuai prosedur yang disampaikan pada 1.26	Uji dan tes yang dilakukan berdasarkan prosedur dari ABS digunakan sebagai uji kekuatan, sertifikasi, serta deteksi kerusakan

SUMMARY OF MAINTENANCE TASK							
Maintenance Category :		Kategori A					
Functional Group :		Propulsion					
System :		Diesel Engine					
Equipment Item :		Main Engine Tugboat KT. X					
Component :		Diesel Parts					
Task	Task Type	Item No.	Risk		Frequency	Procedure No. Or Class Reference	Comments
			Current	Projected			
Pemeriksaan berkala atau functional test dari starting engine	PM	1.5	Medium	Medium	2500 jam dan/atau Dilakukan pada: 1. Tes deteksi kerusakan atau anomali function	-	Functional test difungsikan sebagai indikator kerja starting engine pada kondisi normal operation
Pemeriksaan berkala atau functional test dari fuel injection	PM	1.5	Medium	Medium	2500 jam dan/atau Dilakukan pada: 1. Tes deteksi kerusakan atau anomali function	-	Functional test difungsikan sebagai indikator kerja fuel injection pada kondisi normal operation
Pemeriksaan, cek kondisi serta pembersihan dari pipa fuel oil transfer pump	PM	1.23	Medium	Medium	150 jam dan/atau Dilakukan pada: 1. Tes deteksi kerusakan atau kebocoran	-	Pemeriksaan dan pembersihan berkala difungsikan untuk mencegah terjadinya campuran antara fuel oil dengan kontaminan berupa kerak atau kotoran pada saat operasional yang diakibatkan oleh hasil penggunaan normal

SUMMARY OF MAINTENANCE TASK							
Maintenance Category :		Kategori A					
Functional Group :		Propulsion					
System :		Diesel Engine					
Equipment Item :		Main Engine Tugboat KT. X					
Component :		Diesel Parts					
Task	Task Type	Item No.	Risk		Frequency	Procedure No. Or Class Reference	Comments
			Current	Projected			
Pemeriksaan, cek kondisi serta pembersihan dari pipa inlet lube oil transfer pump	PM	1.24	Medium	Medium	150 jam dan/atau Dilakukan pada: 1. Tes deteksi kerusakan atau kebocoran	-	Pemeriksaan dan pembersihan berkala difungsikan untuk mencegah terjadinya campuran antara fuel oil dengan kontaminan berupa kerak atau kotoran pada saat operasional yang diakibatkan oleh hasil penggunaan normal
Pemeriksaan indikator filter udara pendingin kamar mesin	CM	1.25	Medium	Medium	24 jam / daily check	-	Untuk mendeteksi bahwa aliran udara berjalan dengan baik
Inspeksi visual, cek kondisi serta pembersihan pipa evaporator	CM	1.25	Medium	Medium	200 jam dan/atau Dilakukan pada: 1. Tes deteksi kerusakan atau kebocoran		Pembersihan berkala dilakukan untuk memastikan bahwa pipa-pipa evaporator tidak tersumbat oleh kotoran, kerak dan korosi yang ada pada pipa

SUMMARY OF MAINTENANCE TASK							
Maintenance Category :		Kategori A					
Functional Group :		Propulsion					
System :		Diesel Engine					
Equipment Item :		Main Engine Tugboat KT. X					
Component :		Diesel Parts					
Task	Task Type	Item No.	Risk		Frequency	Procedure No. Or Class Reference	Comments
			Current	Projected			
Replacement pada pipa evaporator	OTC	1.25	Medium	Medium	Saat terjadi kerusakan mayor pada pipa kapiler maupun evaporator secara keseluruhan	-	Diperlukan replacement apabila ketebalan pipa melebihi toleransi standar minimum atau telah mengalami kerusakan serta kebocoran
Inspeksi visual, cek kondisi, pembersihan dan functional test pompa lube oil	PM	1.30 ;	Medium	Medium	3000 jam atau 4 bulan operasional dan/atau Dilakukan pada: 1. Tes deteksi kerusakan atau kebocoran 2. Pada saat kerusakan (failure) terjadi	-	Pembersihan dan functional test dilakukan secara berkala untuk memastikan operasional pompa lube oil sesuai dengan spesifikasinya
Inspeksi visual, cek kondisi dan pembersihan pipa inlet lube oil	PM	1.30 ;	Medium	Medium	200 jam atau 4 bulan operasional dan/atau Dilakukan pada: 1. Tes deteksi kerusakan atau kebocoran 2. Pada saat kerusakan (failure) terjadi	-	Pembersihan dan functional test dilakukan secara berkala untuk memastikan operasional pipa inlet lube oil tidak terhambat kotoran

SUMMARY OF MAINTENANCE TASK							
Maintenance Category :		Kategori A					
Functional Group :		Propulsion					
System :		Diesel Engine					
Equipment Item :		Main Engine Tugboat KT. X					
Component :		Parts of Starting Air System					
Task	Task Type	Item No.	Risk		Frequency	Procedure No. Or Class Reference	Comments
			Current	Projected			
Pemeriksaan volume, tpmperatur dan pressure pada tabung reservoir	PM	1.27	High	High	24 jam / daily check	-	Pemeriksaan harian difungsikan untuk memastikan kebutuhan harian engine tercukupi
Functional test pada air starting system	FF	1.27	High	High	24 jam / daily check	-	Functional test meliputi air compressor dan air reservoir
Inspeksi visual serta cek kondisi dari pipa-pipa air starting systems	PM	1.28	High	High	24 jam dan/atau Dilakukan pada: 1. Tes deteksi kerusakan atau kebocoran 2. Pada saat kerusakan (failure) terjadi	-	Inspeksi yang dilakukan sebagai tindakan pendeteksian terhadap kontaminan berupa kotoran, kerak atau korosi yang terjadi pada pipa
Pembersihan kotoran, kerak, dan korosi dari pipa-pipa air starting systems	PM	1.28	Medium	Medium	8000 jam dan/atau Dilakukan pada: 1. Tes deteksi kerusakan atau kebocoran 2. Pada saat kerusakan (failure) terjadi	-	Pembersihan berkala dilakukan untuk mengurangi kontaminan yang dimungkinkan ikut tercampur dalam udara bertekanan untuk proses pembakaran

SUMMARY OF MAINTENANCE TASK							
Maintenance Category :		Kategori A					
Functional Group :		Propulsion					
System :		Diesel Engine					
Equipment Item :		Main Engine Tugboat KT. X					
Component :		Parts of Cooling System					
Task	Task Type	Item No.	Risk		Frequency	Procedure No. Or Class Reference	Comments
			Current	Projected			
Inspeksi visual serta cek kondisi dari pipa-pipa cooling systems	PM	1.1 ; 1.14 ; 1.15 ; 1.16 ;	Medium	Medium	50 jam dan/atau Dilakukan pada: 1. Tes deteksi kerusakan atau kebocoran 2. Pada saat kerusakan (failure) terjadi	-	Inspeksi yang dilakukan sebagai tindakan pendeteksian terhadap kontaminan berupa kotoran, kerak atau korosi yang terjadi pada pipa
Pembersihan kotoran, kerak, dan korosi dari pipa-pipa cooling systems	PM	1.1 ; 1.14 ; 1.15 ; 1.16 ;	Medium	Medium	150 jam dan/atau Dilakukan pada: 1. Tes deteksi kerusakan atau kebocoran 2. Pada saat kerusakan (failure) terjadi	-	Pembersihan berkala dilakukan untuk mengurangi kontaminan yang dimungkinkan ikut tercampur dalam coolant maupun freshwater
Pemeriksaan volume freshwater expansion tank	PM	1.17	Medium	Medium	24 jam atau daily check	-	Pengecekan dilakukan untuk memastikan kebutuhan harian dari freshwater sebagai coolant operasional M/E tercukupi

SUMMARY OF MAINTENANCE TASK							
Maintenance Category :		Kategori A					
Functional Group :		Propulsion					
System :		Diesel Engine					
Equipment Item :		Main Engine Tugboat KT. X					
Component :		Parts of Cooling System					
Task	Task Type	Item No.	Risk		Frequency	Procedure No. Or Class Reference	Comments
			Current	Projected			
Pembersihan freshwater expansion tank	PM	1.17	Medium	Medium	3000 jam	-	Endapan, kerak atau kotoran yang terakumulasi dalam tangki perlu dibersihkan agar freshwater tidak tercampur dengan kontaminan tersebut
Inspeksi visual serta cek kondisi dari thermostat	PM	1.18	High	High	2000 jam	-	Pendeteksian awal pada thermostat secara fisik dilakukan dengan inspeksi visual sebelum dilakukan functional test
Functional test dari thermostat	PM	1.18	High	High	2000 jam	-	Tindakan ini dilakukan untuk memastikan thermostat bekerja pada kondisi normal atau untuk mendeteksi terjadinya anomali fungsi

SUMMARY OF MAINTENANCE TASK							
Maintenance Category :		Kategori A					
Functional Group :		Propulsion					
System :		Diesel Engine					
Equipment Item :		Main Engine Tugboat KT. X					
Component :		Parts of Cooling System					
Task	Task Type	Item No.	Risk		Frequency	Procedure No. Or Class Reference	Comments
			Current	Projected			
Replacement pada thermostat	OTC	1.18	High	High	3000 jam dan/atau Dilakukan pada: 1. Pada saat kerusakan (failure) terjadi	-	Replacement dilakukan secara berkala karena thermostat yang telah mengalami kerusakan tidak bisa dilakukan perbaikan Biaya perbaikan tidak sebanding dengan hasil dan fungsi yang didapatkan
Inspeksi visual, cek kondisi serta pembersihan berkala pada heat exchanger	CM	1.19	Medium	Medium	2750 jam / 4 bulan operasional kerja dan/atau Dilakukan pada: 1. Tes deteksi kerusakan atau kebocoran	-	Inspeksi yang dilakukan sebagai tindakan pendeteksian terhadap kontaminan berupa kotoran, kerak atau korosi yang ada pada heat exchanger yang memicu terjadinya gangguan operasional
Functional test dari heat exchanger	FF	1.19	Medium	Medium	1000 jam	-	Functional test dilakukan sesuai dengan operasional normal dari heat exchanger

SUMMARY OF MAINTENANCE TASK							
Maintenance Category :		Kategori A					
Functional Group :		Propulsion					
System :		Diesel Engine					
Equipment Item :		Main Engine Tugboat KT. X					
Component :		Parts of Cooling System					
Task	Task Type	Item No.	Risk		Frequency	Procedure No. Or Class Reference	Comments
			Current	Projected			
Inspeksi visual pada pipa dan strainer dari sea chest	CM	1.21	Medium	Medium	24 jam atau daily check	-	Daily check dilakukan untuk mendeteksi kerusakan atau hambatan aliran akibat kotoran pada strainer
Pembersihan strainer pada sea chest	CM	1.21	Medium	Medium	100 jam dan/atau Dilakukan pada: 1. Pada saat kerusakan (failure) atau hambatan aliran terjadi	-	Pembersihan berkala dilakukan untuk mencegah terhambatnya aliran seawater dari seachest
Replacement pada strainer	OTC	1.21	Medium	Medium	Dilakukan pada saat terjadi kerusakan mayor pada strainer	-	Replacment dilakukan ketika strainer telah mengalami kerusakan mayor dan besar lubang penyaring telah melebihi toleransi minimum spesifikasi awal strainer
Inspeksi visual pada kondisi fisik serta pembersihan pompa seawater cooler	CM	1.22	Medium	Medium	1000 jam dan/atau Dilakukan pada: 1. Tes deteksi kerusakan atau kebocoran	-	Inspeksi fisik dari pompa dilakukan untuk mendeteksi serta membersihkan korosi, kotoran dan kerak yang terjadi pada pompa sebelum dilakukan functional test

SUMMARY OF MAINTENANCE TASK							
Maintenance Category :		Kategori A					
Functional Group :		Propulsion					
System :		Diesel Engine					
Equipment Item :		Main Engine Tugboat KT. X					
Component :		Parts of Cooling System					
Task	Task Type	Item No.	Risk		Frequency	Procedure No. Or Class Reference	Comments
			Current	Projected			
Functional test dari pompa seawater cooler	FF	1.22	Medium	Medium	2000 jam dan/atau Dilakukan pada: 1. Tes deteksi kerusakan atau kebocoran	-	Functional test dilakukan sesuai dengan operasi normal dari pompa seawater cooler
Pemeriksaan terhadap kondisi dan kebersihan dari pipa evaporator	CM	1.25	Medium	Medium	Dilakukan pada: 1. Tes deteksi kerusakan atau kebocoran 2. Pada saat kerusakan (failure) terjadi		Tindakan ini dilakukan untuk mendeteksi terjadinya korosi, crack atau kebocoran
Inspeksi visual, cek kondisi, pembersihan dan functional test intercooler	CM	1.29	Medium	Medium	2000 jam dan/atau Dilakukan pada: 1. Tes deteksi kerusakan atau kebocoran 2. Pada saat kerusakan (failure) terjadi	-	Pembersihan dan functional test dilakukan secara berkala untuk memastikan operasional intercooler sesuai dengan spesifikasinya

SUMMARY OF MAINTENANCE TASK							
Maintenance Category :		Kategori B					
Functional Group :		Propulsion					
System :		Diesel Engine					
Equipment Item :		Main Engine Tugboat KT. X					
Component :		Diesel parts and parts of internal-combustion engines					
Task	Task Type	Item No.	Risk		Frequency	Procedure No. Or Class Reference	Comments
			Current	Projected			
Pelaksanaan uji hydrostatic test pada jacket cooling	FF	1.6	Medium	Medium	6000 jam dan/atau Dilakukan pada: 1. Pada saat kerusakan (failure) terjadi	ABS Rules 4.2.1/Table 2	Uji dan tes yang dilakukan berdasarkan prosedur dari ABS digunakan sebagai uji kekuatan, sertifikasi, serta deteksi kerusakan
Functional test pada fuel oil system alarm and shutdown	FF	1.6	Medium	Medium	6000 jam dan/atau Dilakukan pada: 1. Tes deteksi kerusakan 2. Pada saat kerusakan (failure) terjadi	ABS Rules 4.6.5/3.9/Table 1	Functional test dilakukan untuk mendeteksi anomali fungsi serta kerusakan dari komponen sebagai bagian safety systems
Inspection test pada pipa fuel injection pump	FF	1.11 ; 1.12 ; 1.13	Medium	Medium	5000 jam dan/atau Dilakukan pada: 1. Pada saat kerusakan (failure) terjadi	Sesuai prosedur yang disampaikan pada 1.11.P ; 1.12.P ;1.13.P	Inspection test yang dilakukan meliputi pembersihan pipa dari kotoran atau kerak yang menempel serta uji hydrostatic test
Pengambilan tindakan prototype environmental testing	FF	1.26	Medium	Medium	Dilakukan pada: 1. Pada saat instalasi awal atau proses assembling dilakukan	ABS Rules 4.9.8/13.1 dan Table 2	Tindakan awal yang dilakukan dalam uji prototype dari electronic speed governors

SUMMARY OF MAINTENANCE TASK							
Maintenance Category :		Kategori B					
Functional Group :		Propulsion					
System :		Diesel Engine					
Equipment Item :		Main Engine Tugboat KT. X					
Component :		Parts of Fuel Oil System					
Task	Task Type	Item No.	Risk		Frequency	Procedure No. Or Class Reference	Comments
			Current	Projected			
Identifikasi required test yang dilakukan pompa	PM	1.23	Medium	Medium	Dilakukan pada: 1. Tes deteksi kerusakan atau kebocoran 2. Pada saat kerusakan (failure) terjadi	ABS Rules 4.6.1/7.3.2	Identifikasi ini dilakukan untuk menentukan tes yang dibutuhkan oleh pompa
Pemeriksaan certification berdasarkan pipe fittings and valves approval program	PM	1.23	Medium	Medium	Dilakukan pada: 1. Tes deteksi kerusakan atau kebocoran	ABS Rules 4.6.1/7.5.2	Identifikasi ini dilakukan untuk menentukan sertifikasi kelayakan operasional dari pipa
Pemeriksaan piping classes and sertification requirement	PM	1.23	Medium	Medium	Dilakukan pada: 1. Tes deteksi kerusakan atau kebocoran	ABS Rules 4.6.1/7.1/Table 2	Identifikasi ini dilakukan untuk menentukan sertifikasi kelayakan operasional dari pipa
Pemeriksaan pipes and fittings dan pipe joint limitation untuk fuel oil system components	PM	1.23	Medium	Medium	Dilakukan pada: 1. Tes deteksi kerusakan atau kebocoran	ABS Rules 4.6.4/Table 3, Table 4	Identifikasi ini dilakukan untuk menentukan sertifikasi kelayakan operasional dari pipa

SUMMARY OF MAINTENANCE TASK							
Maintenance Category :		Kategori B					
Functional Group :		Propulsion					
System :		Diesel Engine					
Equipment Item :		Main Engine Tugboat KT. X					
Component :		Parts of Cooling System					
Task	Task Type	Item No.	Risk		Frequency	Procedure No. Or Class Reference	Comments
			Current	Projected			
Pemeriksaan dan inspection test secara berkala pada heat exchanger	PM	1.19	Medium	Medium	7000 jam	Sesuai prosedur yang disampaikan pada 1.19.P	Uji dan tes yang dilakukan berdasarkan prosedur dari ABS digunakan sebagai uji kekuatan, sertifikasi, serta deteksi kerusakan
Pemeriksaan dan inspection test secara berkala pada pipa seawater dari seachest	PM	1.21	Medium	Medium	7000 jam	Sesuai prosedur yang disampaikan pada 1.21.P	Uji dan tes yang dilakukan berdasarkan prosedur dari ABS digunakan sebagai uji kekuatan, sertifikasi, serta deteksi kerusakan
Pemeriksaan fungsi, kinerja dan tes yang dilakukan pada pompa	FF	1.22	High	High	8000 jam	Sesuai prosedur yang disampaikan pada 1.22.P	Uji dan tes yang dilakukan berdasarkan prosedur dari ABS digunakan sebagai uji kekuatan, sertifikasi, serta deteksi kerusakan
Pemeriksaan peraturan capacity test pada pompa	FF	1.22	High	High	Dilakukan pada: 1. Tes deteksi kerusakan atau kebocoran	ABS Rules 4.6.1/7.3.2(b)	Identifikasi ini dilakukan untuk menentukan spesifikasi tes yang akan dilakukan
Pemeriksaan peraturan relief valve capacity test pada pompa	FF	1.22	High	High	Dilakukan pada: 1. Tes deteksi kerusakan atau kebocoran	ABS Rules 4.6.1/7.3.2(c)	Identifikasi ini dilakukan untuk menentukan spesifikasi tes yang akan dilakukan

SUMMARY OF MAINTENANCE TASK							
Maintenance Category :		Kategori B					
Functional Group :		Propulsion					
System :		Diesel Engine					
Equipment Item :		Main Engine Tugboat KT. X					
Component :		Parts of Cooling System					
Task	Task Type	Item No.	Risk		Frequency	Procedure No. Or Class Reference	Comments
			Current	Projected			
Pemeriksaan fungsi, kinerja dan tes yang dilakukan pada pipa fuel oil transfer pump	PM	1.23	Medium	Medium	8000 jam	Sesuai prosedur yang disampaikan pada 1.23.P	Uji dan tes yang dilakukan berdasarkan prosedur dari ABS digunakan sebagai uji kekuatan, sertifikasi, serta deteksi kerusakan
Pemeriksaan fungsi, kinerja dan tes yang dilakukan pada pipa inlet lube oil transfer pump	PM	1.24	Medium	Medium	8000 jam	Sesuai prosedur yang disampaikan pada 1.24.P	Uji dan tes yang dilakukan berdasarkan prosedur dari ABS digunakan sebagai uji kekuatan, sertifikasi, serta deteksi kerusakan
Pelaksanaan pressure test pada intercooler	FF	1.29	High	Medium	5000 jam	Sesuai prosedur yang disampaikan pada 1.29.P	Uji dan tes yang dilakukan berdasarkan prosedur dari ABS digunakan sebagai uji kekuatan, sertifikasi, serta deteksi kerusakan

SUMMARY OF MAINTENANCE TASK							
Maintenance Category :		Kategori B					
Functional Group :		Propulsion					
System :		Diesel Engine					
Equipment Item :		Main Engine Tugboat KT. X					
Component :		Parts of Diesel Supporting System					
Task	Task Type	Item No.	Risk		Frequency	Procedure No. Or Class Reference	Comments
			Current	Projected			
Pemeriksaan kinerja fuel oil system alarms and shutdown	FF	1.6	Medium	Medium	Dilakukan pada: 1. Tes deteksi kerusakan 2. Pada saat kerusakan (failure) terjadi	ABS Rules 4.6.5/3.9/Table 1	Inspeksi dilakukan untuk mendeteksi kerusakan, dan kinerja (functional test) fuel oil system alarms and shutdown
Replacement pada komponen yang mengalami kerusakan atau kebocoran	OTC	1.4 ; 1.17 ; 1.18 ; 1.25	Medium	Medium	Dilakukan pada: 1. Pada saat kerusakan (failure) terjadi		Pengambilan tindakan replacement komponen dilakukan karna tindakan repair pada komponen tidak efektif
Pemeriksaan kinerja system monitoring and safety shutdown untuk lube oil systems	FF	1.24	Medium	Medium	Dilakukan pada: 1. Tes deteksi kerusakan 2. Pada saat kerusakan (failure) terjadi	ABS Rules 4.6.5/5.7/Table 2	Inspeksi dilakukan untuk mendeteksi kerusakan, dan kinerja (functional test) monitoring and safety shutdown
Pemeriksaan fungsi, kinerja dan tes yang dilakukan pada pipa-pipa air starting systems	FF	1.28	Medium	Medium	8000 jam	Sesuai prosedur yang disampaikan pada 1.28	Uji dan tes yang dilakukan berdasarkan prosedur dari ABS digunakan sebagai uji kekuatan, sertifikasi, serta deteksi kerusakan

SUMMARY OF MAINTENANCE TASK							
Maintenance Category :		Kategori C					
Functional Group :		Propulsion					
System :		Diesel Engine					
Equipment Item :		Main Engine Tugboat KT. X					
Component :		Diesel parts and parts of internal-combustion engines					
Task	Task Type	Item No.	Risk		Frequency	Procedure No. Or Class Reference	Comments
			Current	Projected			
Pelaksanaan uji tes yang perlu dilakukan pada komponen (meliputi hydrostatic pressure test)	FF	1.2 ; 1.3 1.8 ; 1.9	High	High	6000 jam dan/atau Dilakukan pada: 1. Tes deteksi kerusakan atau kebocoran 2. Pada saat kerusakan (failure) terjadi	Sesuai prosedur yang disampaikan pada 1.2.P ; 1.3.P ; 1.8.P ; 1.9.P	Uji dan tes yang dilakukan berdasarkan prosedur dari ABS digunakan sebagai uji kekuatan, sertifikasi, serta deteksi kerusakan
Replacement pada komponen yang mengalami kerusakan mayor	OTC	1.2 ; 1.3 ; 1.8 ; 1.9 ; 1.23 ; 1.24	High	High	Dilakukan pada: 1. Pada saat kerusakan (failure) mayor pada komponen	-	Penggantian komponen dilakukan ketika repair untuk mengatasi kerusakan yang terjadi tidak efisien atau tidak signifikan dengan hasil yang didapatkan Kerusakan mayor meliputi crack yang parah, patah, heavy corrosion atau kebocoran

SUMMARY OF MAINTENANCE TASK							
Maintenance Category :		Kategori C					
Functional Group :		Propulsion					
System :		Diesel Engine					
Equipment Item :		Main Engine Tugboat KT. X					
Component :		Diesel parts and parts of internal-combustion engines					
Task	Task Type	Item No.	Risk		Frequency	Procedure No. Or Class Reference	Comments
			Current	Projected			
Pemeriksaan kondisi pipa transfer fuel oil injection dengan pelaksanaan uji tes hydrostatic pressure test	FF	1.10 ;	Medium	Medium	5000 jam dan/atau Dilakukan pada: 1. Tes deteksi kerusakan atau kebocoran 2. Pada saat kerusakan (failure) terjadi	Sesuai prosedur yang disampaikan pada 1.10	Uji dan tes yang dilakukan berdasarkan prosedur dari ABS digunakan sebagai uji kekuatan, sertifikasi, serta deteksi kerusakan
Pelaksanaan hydrostatic pressure test pada komponen pipa untuk mendeteksi kebocoran dan kerusakan	FF	1.7 ; 1.10 ; 1.11 ; 1.12 ; 1.13 ; 1.14 ; 1.15 ; 1.16 ; 1.17 ; 1.23 ; 1.24 ; 1.28	Medium	Medium	Dilakukan pada: 1. Pada saat instalasi awal atau proses assembling dilakukan 2. Tes deteksi kerusakan atau kebocoran 3. Pada saat kerusakan (failure) terjadi	ABS Rules 4.2.1/Table 1 and Table 2	Sebagai langkah untuk menentukan telah terjadi kebocoran atau tidak pada komponen objek hydrostatic pressure test

SUMMARY OF MAINTENANCE TASK							
Maintenance Category :		Kategori C					
Functional Group :		Propulsion					
System :		Diesel Engine					
Equipment Item :		Main Engine Tugboat KT. X					
Component :		Diesel parts and parts of internal-combustion engines					
Task	Task Type	Item No.	Risk		Frequency	Procedure No. Or Class Reference	Comments
			Current	Projected			
Pelaksanaan pressure test pada intercooler	FF	1.29	Medium	Medium	Dilakukan pada: 1. Tes deteksi kerusakan atau kebocoran 2. Pada saat kerusakan (failure) terjadi	ABS Rules 4.2.1/Table 2	Pressure test dilakukan untuk mendeteksi kondisi intercooler serta kemungkinan terjadinya kebocoran
Pemeriksaan kondisi pompa lube oil dengan pelaksanaan uji tes hydrostatic pressure test	FF	1.30 ;	Medium	Medium	6000 jam dan/atau Dilakukan pada: 1. Tes deteksi kerusakan atau kebocoran 2. Pada saat kerusakan (failure) terjadi	Sesuai prosedur yang disampaikan pada 1.30	Uji dan tes yang dilakukan berdasarkan prosedur dari ABS digunakan sebagai uji kekuatan, sertifikasi, serta deteksi kerusakan

SUMMARY OF MAINTENANCE TASK							
Maintenance Category :		Kategori C					
Functional Group :		Propulsion					
System :		Diesel Engine					
Equipment Item :		Main Engine Tugboat KT. X					
Component :		Parts of Cooling System					
Task	Task Type	Item No.	Risk		Frequency	Procedure No. Or Class Reference	Comments
			Current	Projected			
Pelaksanaan hydrostatic pressure test pada komponen pipa-pipa cooling systems	FF	1.1 ; 1.14 ; 1.15 ; 1.16 ;	Medium	Medium	8000 jam dan/atau Dilakukan pada: 1. Tes deteksi kerusakan atau kebocoran 2. Pada saat kerusakan (failure) terjadi	ABS Rules 4.6.2/7.3.1 dan 4.6.2/7.3.3 dan prosedur yang disampaikan pada 1.1.P ; 1.14.P ; 1.15.P ; 1.16.P	Sebagai langkah untuk mendeteksi serta menentukan letak kebocoran dan kerusakan yang telah terjadi pada komponen objek hydrostatic pressure test
Replacement pada komponen pipa cooling systems yang mengalami kerusakan mayor	OTC	1.1 ; 1.14 ; 1.15 ; 1.16 ;	Medium	Medium	Dilakukan pada: 1. Pada saat kerusakan (failure) mayor pada komponen	-	Penggantian pipa dilakukan karna kerusakan mayor yang terjadi tidak efisien jika dilakukan repair meliputi ketebalan pipa melebihi ketebalan minimal toleransi perusahaan, heavy corrosion dan kebocoran pada pipa
Pengujian testing stress-corrosion cracking of stainless steel nozzle parts	FF	1.18	High	High	Dilakukan pada: 1. Tes deteksi kerusakan atau kebocoran 2. Pada saat kerusakan (failure) terjadi	ABS Rules 4.7.4/4.11.2	

SUMMARY OF MAINTENANCE TASK							
Maintenance Category :		Kategori C					
Functional Group :		Propulsion					
System :		Diesel Engine					
Equipment Item :		Main Engine Tugboat KT. X					
Component :		Parts of Cooling System					
Task	Task Type	Item No.	Risk		Frequency	Procedure No. Or Class Reference	Comments
			Current	Projected			
Penentuan tindakan hydrostatic test pada pressure vessel	FF	1.19	Medium	Medium	Dilakukan pada: 1. Tes deteksi kerusakan atau kebocoran 2. Pada saat kerusakan (failure) terjadi	ABS Rules 4.4.1/7.11	Sebagai langkah untuk menentukan telah terjadi kebocoran atau tidak pada komponen objek hydrostatic pressure test
Replacement pada intercooler	OTC	1.29	High	Medium	Dilakukan pada: 1. Pada saat kerusakan (failure) mayor pada komponen	-	Penggantian intercooler dilakukan karna kerusakan mayor yang terjadi tidak efisien jika dilakukan repair meliputi ketebalan pipa melebihi ketebalan minimal toleransi perusahaan, heavy corrosion pada pipa kapiler intercooler dan kebocoran pada pipa

LAMPIRAN 7
Study Comparison

STUDY COMPARISON						
LIST OF COMPONENT	EXISTING MAINTENANCE			RECOMMENDATION MAINTENANCE		
	TASK LIST	TYPE	FREQ.	TASK LIST	TYPE	FREQ.
Pipa cooler pada cooling systems				Inspeksi visual dan cek kondisi pipa	PM	50 jam
				Pembersihan pipa terhadap kontaminan	PM	150 jam
				Uji kekuatan dan kebocoran pipa dengan hydrostatic pressure test sesuai prosedur ABS	FF	8000 jam
				Replacement pada komponen dengan kerusakan mayor	OTC	Failure
Cylinder head	Inspeksi internal parts of combustion	PM	Annual	Inspeksi visual dan cek kondisi cylinder head	CM	1000 jam
				Pembersihan pipa terhadap kontaminan	CM	3000 jam
				Pelaksanaan uji dan inspection test sesuai prosedur ABS (meliputi hydrostatic test and non destructive test)	FF	6000 jam
				Replacement pada komponen dengan kerusakan mayor	OTC	Failure
Cylinder liner	Inspeksi internal parts of combustion	PM	Annual	Inspeksi visual dan cek kondisi cylinder head	CM	1000 jam
				Pembersihan pipa terhadap kontaminan	CM	3000 jam
				Pelaksanaan uji dan inspection test sesuai prosedur ABS (meliputi hydrostatic test and non destructive test)	FF	6000 jam
				Replacement pada komponen dengan kerusakan mayor	OTC	Failure
Seal lube oil crankshaft	Periksa kondisi dan kerenggangan	PM	3000 jam	Replacement berkala pada seal	OTC	3000 jam

STUDY COMPARISON						
LIST OF COMPONENT	EXISTING MAINTENANCE			RECOMMENDATION MAINTENANCE		
	TASK LIST	TYPE	FREQ.	TASK LIST	TYPE	FREQ.
Air starting system components				Pemeriksaan dan functional test (meliputi air compressor, air reservoir, fuel injection pump)	FF	2500 jam
Jacket cooling	Inspeksi internal parts of combustion	PM	Annual	Inspeksi visual dan cek kondisi jacket cooling	PM	3000 jam
				Pembersihan pipa terhadap kontaminan	PM	3000 jam
				Pelaksanaan uji dan inspection test sesuai prosedur ABS (meliputi hydrostatic test and non destructive test)	FF	6000 jam
Air intake manifold	Inspeksi internal parts of combustion	PM	Annual	Inspeksi visual dan cek kondisi air intake manifold	PM	150 jam
				Inspeksi terhadap thermal expansion yang terjadi	PM	150 jam
				Pelaksanaan uji dan inspection test sesuai prosedur ABS (meliputi hydrostatic test and non destructive test)	FF	6000 jam
				Replacement pada komponen dengan kerusakan mayor	OTC	Failure
Exhaust manifold	Inspeksi internal parts of combustion	PM	Annual	Inspeksi visual dan cek kondisi air intake manifold	PM	100 jam
				Inspeksi terhadap thermal expansion yang terjadi	PM	100 jam
				Pelaksanaan uji dan inspection test sesuai prosedur ABS (meliputi hydrostatic test and non destructive test)	FF	6000 jam
				Replacement pada komponen dengan kerusakan mayor	OTC	Failure
Pipa fuel oil systems				Pelaksanaan uji dan inspection test sesuai prosedur ABS (meliputi hydrostatic test)	PM	5000 jam

STUDY COMPARISON						
LIST OF COMPONENT	EXISTING MAINTENANCE			RECOMMENDATION MAINTENANCE		
	TASK LIST	TYPE	FREQ.	TASK LIST	TYPE	FREQ.
Combustion chamber	Inspeksi internal parts of combustion	PM	Annual	Inspeksi visual dan cek kondisi combustion chamber	PM	6000 jam
				Pembersihan combustion chamber terhadap kontaminan	PM	6000 jam
Filter fuel injection pump				Pembersihan filter fuel injection pump terhadap kontaminan	CM	2500 jam
Fuel injection pump	Kalibrasi	PM	3000 jam	Kalibrasi fuel injection pump	PM	2500 jam
				Pembersihan fuel injection pump terhadap kontaminan	PM	2500 jam
				Pelaksanaan uji dan inspection test sesuai prosedur ABS (meliputi hydrostatic test)	FF	5000 jam
Pipa inlet dan exhaust valve fuel injection pump	Inspeksi internal parts of combustion	PM	Annual	Inspeksi visual dan cek kondisi pipa	PM	2500 jam
				Pembersihan terhadap kontaminan	PM	2500 jam
				Pelaksanaan uji dan inspection test sesuai prosedur ABS (meliputi hydrostatic test)	FF	5000 jam
Freshwater expansion tank	Pemeriksaan volume dari tangki	CM	24 jam	Pemeriksaan volume atau isi dari tangki	CM	24 jam
	Pemeriksaan kondisi tangki	CM	Annual	Inspeksi visual dan cek kondisi tangki	PM	3000 jam
				Pembersihan tangki terhadap kontaminan	PM	3000 jam
				Replacement pada komponen dengan kerusakan mayor	OTC	Failure

STUDY COMPARISON

LIST OF COMPONENT	EXISTING MAINTENANCE			RECOMMENDATION MAINTENANCE		
	TASK LIST	TYPE	FREQ.	TASK LIST	TYPE	FREQ.
Thermostat cooler	Penggantian thermostat	OTC	3000 jam	Inspeksi visual dan cek kondisi thermostat	PM	2000 jam
				Functional test pada thermostat	FF	2000 jam
				Replacement thermostat secara berkala	OTC	3000 jam
Heat exchanger pada cooling systems	Pemeriksaan dan pembersihan	PM	3000 jam	Inspeksi visual dan cek kondisi heat exchanger	CM	2750 jam
				Functional test pada heat exchanger	FF	1000 jam
				Pelaksanaan uji dan inspection test sesuai prosedur ABS pada pressure vessel (meliputi hydrostatic test)	FF	7000 jam
Pipa dan strainer seawater dari seachest	Cek kondisi pipa dan strainer	CM	24 jam	Inspeksi visual dan cek kondisi pipa dan strainer	CM	24 jam
				Pembersihan strainer terhadap kontaminan	CM	100 jam
				Pemeriksaan serta identifikasi pipa dan strainer berdasarkan prosedur ABS	PM	7000 jam
				Replacement pada komponen dengan kerusakan mayor	OTC	Failure

STUDY COMPARISON						
LIST OF COMPONENT	EXISTING MAINTENANCE			RECOMMENDATION MAINTENANCE		
	TASK LIST	TYPE	FREQ.	TASK LIST	TYPE	FREQ.
Pompa seawater cooler	Functional test	PM	3000 jam	Inspeksi visual dan cek kondisi pompa	PM	1000 jam
				Pembersihan pompa terhadap kontaminan	PM	1000 jam
				Functional test pada pompa	FF	2000 jam
				Pelaksanaan uji dan inspection test sesuai prosedur ABS (meliputi hydrostatic test and capacity test)	FF	8000 jam
Pipa pada fuel oil system				Inspeksi visual dan cek kondisi pipa	PM	150 jam
				Pembersihan pipa terhadap kontaminan	PM	150 jam
				Uji kekuatan dan kebocoran pipa dengan hydrostatic pressure test sesuai prosedur ABS	FF	8000 jam
				Replacement pada komponen dengan kerusakan mayor	OTC	Failure
Pipa pada lube oil system				Inspeksi visual dan cek kondisi pipa	PM	150 jam
				Pembersihan pipa terhadap kontaminan	PM	150 jam
				Uji kekuatan dan kebocoran pipa dengan hydrostatic pressure test sesuai prosedur ABS	FF	8000 jam
				Replacement pada komponen dengan kerusakan mayor	OTC	Failure

STUDY COMPARISON

LIST OF COMPONENT	EXISTING MAINTENANCE			RECOMMENDATION MAINTENANCE		
	TASK LIST	TYPE	FREQ.	TASK LIST	TYPE	FREQ.
Evaporator pendingin kamar mesin	Pemeriksaan indikator filter udara	PM	24 jam	Pemeriksaan indikator filter udara	CM	24 jam
				Inspeksi visual dan cek kondisi pipa	PM	200 jam
				Pembersihan pipa terhadap kontaminan	PM	200 jam
				Identifikasi korosi dan kebocoran pada pipa kapiler evaporator	PM	200 jam
				Replacement pada komponen dengan kerusakan mayor	OTC	Failure
Governor	Inspeksi internal parts of combustion	PM	Annual	Inspeksi visual dan cek kondisi governor	PM	1000 jam
				Pembersihan governor terhadap kontaminan	PM	1000 jam
				Penggantian governor lube oil	CM	1500 jam
				Pelaksanaan uji dan inspection test sesuai prosedur ABS (meliputi hydrostatic test and prototype environmental test)	FF	6000 jam
Air reservoir	Cek kondisi dan karakteristik tabung reservoir	CM	24 jam	Inspeksi visual dan cek kondisi tabung reservoir	CM	24 jam
				Pemeriksaan karakteristik tabung reservoir	CM	24 jam
				Functional test meliputi air compressor dan air reservoir	FF	24 jam
				Pembersihan pipa reservoir dari kontaminan serta uji dan inspection test sesuai prosedur ABS	FF	8000 jam

STUDY COMPARISON

LIST OF COMPONENT	EXISTING MAINTENANCE			RECOMMENDATION MAINTENANCE		
	TASK LIST	TYPE	FREQ.	TASK LIST	TYPE	FREQ.
Intercooler	Pembersihan pipa intercooler terhadap kontaminan	PM	2500 jam	Inspeksi visual dan cek kondisi intercooler	CM	2000 jam
				Pembersihan pipa intercooler terhadap kontaminan	CM	2000 jam
				Functional test pada intercooler	FF	2000 jam
				Uji kekuatan dan kebocoran pipa dengan pressure test sesuai prosedur ABS	FF	5000 jam
				Replacement pada komponen dengan kerusakan mayor	OTC	Failure
Pompa lube oil system	Functional test	PM	3000 jam	Inspeksi visual dan cek kondisi pompa lube oil	PM	3000 jam
				Pembersihan pompa terhadap kontaminan	PM	3000 jam
				Functional test pada pompa lube oil	FF	3000 jam
				Pelaksanaan uji dan inspection test sesuai prosedur ABS (meliputi hydrostatic test and capacity test)	FF	6000 jam

LAMPIRAN 8
Summary of Logic Tree Analysis

SUMMARY OF LOGIC TREE ANALYSIS														
Failure Mode	CCR	H/L	(A)	CMT	(B)	CAUSE	WI	(C1)	WO	(C2)	HID/EVD	LOF	FF	(D)
1.1	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	YES	PM	STOP	STOP	STOP	STOP
	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	NO	NID	HID	YES	FF	STOP
1.2	NO	STOP	STOP	YES	CM	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP
	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	NO	NID	HID	YES	FF	STOP
1.3	NO	STOP	STOP	YES	CM	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP
	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	NO	NID	HID	YES	FF	STOP
1.4	YES	H	OTC	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP
1.5	NO	STOP	STOP	YES	CM	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP
1.6	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	YES	PM	STOP	STOP	STOP	STOP
	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	NO	NID	HID	YES	FF	STOP
1.7	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	YES	PM	STOP	STOP	STOP	STOP
1.8	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	YES	PM	STOP	STOP	STOP	STOP
	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	NO	NID	HID	YES	FF	STOP
1.9	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	YES	PM	STOP	STOP	STOP	STOP
	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	NO	NID	HID	YES	FF	STOP
1.10	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	NO	NID	HID	YES	FF	STOP
	NO	STOP	STOP	YES	CM	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP
1.11	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	YES	PM	STOP	STOP	STOP	STOP

SUMMARY OF LOGIC TREE ANALYSIS														
Failure Mode	CCR	H/L	(A)	CMT	(B)	CAUSE	WI	(C1)	WO	(C2)	HID/EVD	LOF	FF	(D)
1.12	NO	STOP	STOP	YES	CM	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP
	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	NO	NID	HID	YES	FF	STOP
1.13	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	YES	PM	STOP	STOP	STOP	STOP
	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	NO	NID	HID	YES	FF	STOP
1.14	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	YES	PM	STOP	STOP	STOP	STOP
	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	NO	NID	HID	YES	FF	STOP
1.15	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	YES	PM	STOP	STOP	STOP	STOP
	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	NO	NID	HID	YES	FF	STOP
1.16	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	YES	PM	STOP	STOP	STOP	STOP
	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	NO	NID	HID	YES	FF	STOP
1.17	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	YES	PM	STOP	STOP	STOP	STOP
	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	NO	NID	HID	NO	EVD	OTC
1.18	YES	H	OTC	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP
	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	YES	PM	STOP	STOP	STOP	STOP
1.19	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	NO	NID	HID	YES	FF	STOP
	NO	STOP	STOP	YES	CM	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP
1.20	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	NO	NID	HID	YES	FF	STOP
1.21	NO	STOP	STOP	YES	CM	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP
	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	NO	NID	HID	NO	EVD	OTC

SUMMARY OF LOGIC TREE ANALYSIS														
Failure Mode	CCR	H/L	(A)	CMT	(B)	CAUSE	WI	(C1)	WO	(C2)	HID/EVD	LOF	FF	(D)
1.22	NO	STOP	STOP	YES	CM	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP
	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	NO	NID	HID	YES	FF	STOP
1.23	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	YES	PM	STOP	STOP	STOP	STOP
	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	NO	NID	HID	YES	FF	STOP
1.24	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	YES	PM	STOP	STOP	STOP	STOP
	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	NO	NID	HID	YES	FF	STOP
1.25	NO	STOP	STOP	YES	CM	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP
	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	NO	NID	HID	NO	EVD	OTC
1.26	NO	STOP	STOP	YES	CM	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP
	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	NO	NID	HID	YES	FF	STOP
1.27	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	YES	PM	STOP	STOP	STOP	STOP
	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	NO	NID	HID	YES	FF	STOP
1.28	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	YES	PM	STOP	STOP	STOP	STOP
	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	NO	NID	HID	YES	FF	STOP
1.29	NO	STOP	STOP	YES	CM	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP
	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	NO	NID	HID	YES	FF	STOP
1.30	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	YES	PM	STOP	STOP	STOP	STOP
	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	NO	NID	HID	YES	FF	STOP
1.31	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	YES	PM	STOP	STOP	STOP	STOP

SUMMARY OF LOGIC TREE ANALYSIS														
Failure Mode	CCR	H/L	(A)	CMT	(B)	CAUSE	WI	(C1)	WO	(C2)	HID/EVD	LOF	FF	(D)
	NO	STOP	STOP	NO	NID	WO	STOP	STOP	NO	NID	HID	YES	FF	STOP
	YES	isi H/L	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP
	YES	isi H/L	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP

Keterangan:					
CCR	=	Confidence on Current Risk	WI	=	Wear In
H/L	=	Highest or Lowest risk	WO	=	Wear Out
CMT	=	Condition Monitoring Task	HID/EVD	=	Hidden or Evident
CAUSE	=	Cause characteristic	LOF	=	Loss Of Function Type
NID	=	Next Identification	FF	=	Failure Finding task

LAMPIRAN 9

Task Procedure

TASK PROCEDURE		
Proc. ID	Failure Mode	Proposed Action(s)
1.1.P	Kebocoran pada pipa cooler	<p>Tindakan uji kekuatan dan kebocoran pipa dengan hydrostatic tes dengan prosedur sebagai berikut: [8000 jam / saat kerusakan (failure) terjadi]</p> <p>Pengklasifikasian dari sistem perpipaan pada cooling systems [ABS Rules 4.6.1.5/Table 1]</p> <p>Pemeriksaan piping classes and sertification requirement sebelum tes dilakukan [ABS Rules 4.6.1/7.1/Table 2]</p> <p>Pemeriksaan jenis material pipa [ABS Rules 4.6.2/3] dan jenis desain sambungan pada pipa (pipe joints) [ABS Rules 4.6.2/5.5]</p> <p>Pemeriksaan pipe joints limitation untuk cooling water systems [ABS Rules 4.6.5/7.3.3/Table 3]</p> <p>Pelaksanaan hydrostatic pressure test pada pipa cooling water systems [ABS Rules 4.6.2/7.3.1 and 4.6.2/7.3.3]</p> <p>Ulangi operasional kerja dari cooling system untuk pemeriksaan terjadinya kebocoran pipa atau tidak</p>

TASK PROCEDURE		
Proc. ID	Failure Mode	Proposed Action(s)
1.2.P	Kerusakan cylinder head and seal	<p>Pelaksanaan uji tes yang dilakukan pada cylinder head sesuai prosedur berikut: [6000 jam / saat kerusakan (failure) terjadi]</p> <p>Pengklasifikasian komponen pada diesel engine design system [ABS Rules 4.2.1/5.5]</p> <p>Identifikasi material specifications and tests dari komponen main engine [ABS Rules 4.2.1/3.1]</p> <p>Pemeriksaan alternative materials yang ada dan tests yang mungkin dilakukan [ABS Rules 4.2.1/3.3]</p> <p>Pemeriksaan required material and non destructive tests of diesel engine parts [ABS Rules 4.2.1/Table 1]</p> <p>Pelaksanaan hydrostatic pressure test pada pada komponen internal-combustion engines [ABS Rules 4.2.1/Table 2]</p> <p>Identifikasi hasil tes yang telah selesai dilakukan, apakah hanya diperlukan minor repair atau replacement pada komponen</p>

TASK PROCEDURE		
Proc. ID	Failure Mode	Proposed Action(s)
1.3.P	Kerusakan cylinder liner	<p>Pelaksanaan uji tes yang dilakukan pada cylinder head sesuai prosedur berikut: [6000 jam / saat kerusakan (failure) terjadi]</p> <p>Pengklasifikasian komponen pada diesel engine design system [ABS Rules 4.2.1/5.5]</p> <p>Identifikasi material specifications and tests dari komponen main engine [ABS Rules 4.2.1/3.1]</p> <p>Pemeriksaan alternative materials yang ada dan tests yang mungkin dilakukan [ABS Rules 4.2.1/3.3]</p> <p>Pemeriksaan required material and non destructive tests of diesel engine parts [ABS Rules 4.2.1/Table 1]</p> <p>Pelaksanaan hydrostatic pressure test pada pada komponen internal-combustion engines [ABS Rules 4.2.1/Table 2]</p> <p>Identifikasi hasil tes yang telah selesai dilakukan, apakah hanya diperlukan minor repair atau replacement pada komponen</p>

TASK PROCEDURE		
Proc. ID	Failure Mode	Proposed Action(s)
1.6.P	Kebocoran pada jacket cooling	<p>Pelaksanaan uji tes yang dilakukan pada jacket cooling] sesuai prosedur berikut: [6000 jam / saat kerusakan (failure) terjadi]</p> <p>Pemeriksaan kinerja fuel oil system alarms and shutdown apabila terjadi kebocoran [ABS Rules 4.6.5/3.9/Table 1]</p> <p>Pemeriksaan jacket cooling sebagai peralatan bantu engine [ABS Rules 4.2.1/7.15]</p> <p>Pelaksanaan hydrostatic pressure test pada jacket water systems [ABS Rules 4.2.1/Table 2]</p> <p>Ulangi operasional kerja dari jacket water system untuk pemeriksaan letak terjadinya kebocoran</p>

TASK PROCEDURE		
Proc. ID	Failure Mode	Proposed Action(s)
1.8.P	Kerusakan air intake manifold	<p>Pelaksanaan uji tes yang dilakukan pada pipa manifold sesuai prosedur berikut: [6000 jam / saat kerusakan (failure) terjadi]</p> <p>Pengklasifikasian dari sistem perpipaan pada starting air systems [ABS Rules 4.6.1.5/Table 1]</p> <p>Pemeriksaan piping classes and sertification requirement sebelum tes dilakukan [ABS Rules 4.6.1/7.1/Table 2]</p> <p>Pemeriksaan jenis material pipa [ABS Rules 4.6.2/3] dan jenis desain sambungan pada pipa (pipe joints) [ABS Rules 4.6.2/5.5]</p> <p>Pemeriksaan pipe joints limitation untuk starting air systems [ABS Rules 4.6.5/9.7/Table 5]</p> <p>Pelaksanaan hydrostatic pressure test pada pipa air intake manifold systems [ABS Rules 4.6.2/7.3.1 and 4.6.2/7.3.3]</p> <p>Ulangi operasional kerja dari starting air system untuk pemeriksaan terjadinya kebocoran pipa atau tidak</p>

TASK PROCEDURE		
Proc. ID	Failure Mode	Proposed Action(s)
1.9.P	Kerusakan exhaust manifold (bocor)	<p>Pelaksanaan uji tes yang dilakukan pada exhaust manifold sesuai prosedur berikut: [6000 jam / saat kerusakan (failure) terjadi]</p> <p>Pengklasifikasian dari sistem perpipaan pada starting air systems [ABS Rules 4.6.1.5/Table 1]</p> <p>Pemeriksaan piping classes and sertification requirement sebelum tes dilakukan [ABS Rules 4.6.1/7.1/Table 2]</p> <p>Pemeriksaan jenis material pipa [ABS Rules 4.6.2/3] dan jenis desain sambungan pada pipa (pipe joints) [ABS Rules 4.6.2/5.5]</p> <p>Pemeriksaan pipe joints limitation untuk starting air systems [ABS Rules 4.6.5/9.7/Table 5]</p> <p>Pelaksanaan hydrostatic pressure test pada pipa exhaust manifold systems [ABS Rules 4.6.2/7.3.1 and 4.6.2/7.3.3]</p> <p>Ulangi operasional kerja dari starting air system untuk pemeriksaan terjadinya kebocoran pipa atau tidak</p>

TASK PROCEDURE		
Proc. ID	Failure Mode	Proposed Action(s)
1.10.P	Filter fuel injection terhambat	<p>Pemeriksaan kondisi pipa dengan dilakukan uji tes ketebalan dan kekuatan yang keropos karna korosi dan kerak. Uji hydrostatic bisa dilakukan dengan prosedur sebagai berikut: [5000 jam / saat kerusakan (failure) terjadi]</p> <p>Pengklasifikasian komponen pada fuel oil service system for propulsion diesel engine [ABS Rules 4.6.5/3.3.6(e)]</p> <p>Pemeriksaan piping classes and certification requirement sebelum tes dilakukan [ABS Rules 4.6.1.5/Table 1 and ABS Rules 4.6.1/7.1/Table 2]</p> <p>Pemeriksaan certification berdasarkan pipe fittings and valves approval program [ABS Rules 4.6.1/7.5.2]</p> <p>Pemeriksaan jenis material pipa [ABS Rules 4.6.2/3] dan jenis desain sambungan pada pipa (pipe joints) [ABS Rules 4.6.2/5.5]</p> <p>Pemeriksaan pipes and fittings dan pipe joint limitation untuk fuel oil system components [ABS Rules 4.6.4/Table 3 and Table 4]</p> <p>Pelaksanaan hydrostatic pressure test pada pipa fuel oil systems [ABS Rules 4.2.1/Table 2]</p> <p>Ulangi operasional kerja dari injection pump dan fuel oil system untuk pemeriksaan terjadinya kebocoran pipa atau tidak. Diperlukan replacement apabila ketebalan pipa melebihi toleransi standar minimum atau tetap mengalami kerusakan serta kebocoran</p>

TASK PROCEDURE		
Proc. ID	Failure Mode	Proposed Action(s)
1.11.P	Fuel injection pump (perlu kalibrasi)	<p>Fuel injection yang dikalibrasi juga diakibatkan kualitas bensin serta residu atau kerak yang menempel pada pipa transfer fuel oil, sehingga diperlukan inspeksi dan tes pada pipa tersebut dengan prosedur sebagai berikut: [5000 jam / saat kerusakan (failure) terjadi]</p> <p>Pemeriksaan piping classes and certification requirement sebelum tes dilakukan [ABS Rules 4.6.1.5/Table 1 and ABS Rules 4.6.1/7.1/Table 2]</p> <p>Pemeriksaan certification berdasarkan pipe fittings and valves approval program [ABS Rules 4.6.1/7.5.2]</p> <p>Pemeriksaan jenis material pipa [ABS Rules 4.6.2/3] dan jenis desain sambungan pada pipa (pipe joints) [ABS Rules 4.6.2/5.5]</p> <p>Pemeriksaan pipes and fittings dan pipe joint limitation untuk fuel oil system components [ABS Rules 4.6.4/Table 3 and Table 4]</p> <p>Pembersihan kerak dan residu dalam pipa sebelum dilakukan tes guna memperhitungkan validitas ketebalan pipa</p> <p>Pelaksanaan hydrostatic pressure test pada pipa fuel oil systems [ABS Rules 4.2.1/Table 2]</p> <p>Ulangi operasional kerja dari injection pump dan fuel oil system untuk pemeriksaan terjadinya kebocoran pipa atau tidak. Diperlukan replacement apabila ketebalan pipa melebihi toleransi standar minimum atau tetap mengalami kerusakan serta kebocoran</p>

TASK PROCEDURE		
Proc. ID	Failure Mode	Proposed Action(s)
1.12.P	Fuel injection pump inlet and exhaust valve pipe repair	<p>Pemeriksaan kondisi pipa dengan dilakukan uji tes ketebalan dan kekuatan yang keropos karna korosi dan kerak. Uji hydrostatic bisa dilakukan dengan prosedur sebagai berikut: [5000 jam / saat kerusakan (failure) terjadi]</p> <p>Pengklasifikasian komponen pada fuel oil service system for propulsion diesel engine [ABS Rules 4.6.5/3.3.6(e)]</p> <p>Pemeriksaan piping classes and certification requirement sebelum tes dilakukan [ABS Rules 4.6.1.5/Table 1 and ABS Rules 4.6.1/7.1/Table 2]</p> <p>Pemeriksaan certification berdasarkan pipe fittings and valves approval program [ABS Rules 4.6.1/7.5.2]</p> <p>Pemeriksaan jenis material pipa [ABS Rules 4.6.2/3] dan jenis desain sambungan pada pipa (pipe joints) [ABS Rules 4.6.2/5.5]</p> <p>Pemeriksaan pipes and fittings dan pipe joint limitation untuk fuel oil system components [ABS Rules 4.6.4/Table 3 and Table 4]</p> <p>Pelaksanaan hydrostatic pressure test pada pipa fuel oil systems [ABS Rules 4.2.1/Table 2]</p> <p>Ulangi operasional kerja dari injection pump dan fuel oil system untuk pemeriksaan terjadinya kebocoran pipa atau tidak. Diperlukan replacement apabila ketebalan pipa melebihi toleransi standar minimum atau tetap mengalami kerusakan serta kebocoran</p>

TASK PROCEDURE		
Proc. ID	Failure Mode	Proposed Action(s)
1.13.P	Fuel injection pump pipe repair	<p>Pemeriksaan kondisi pipa dengan dilakukan uji tes ketebalan dan kekuatan yang keropos karna korosi dan kerak. Uji hydrostatic bisa dilakukan dengan prosedur sebagai berikut: [5000 jam / saat kerusakan (failure) terjadi]</p> <p>Pengklasifikasian komponen pada fuel oil service system for propulsion diesel engine [ABS Rules 4.6.5/3.3.6(e)]</p> <p>Pemeriksaan piping classes and certification requirement sebelum tes dilakukan [ABS Rules 4.6.1.5/Table 1 and ABS Rules 4.6.1/7.1/Table 2] dan pemeriksaan certification berdasarkan pipe fittings and valves approval program [ABS Rules 4.6.1/7.5.2]</p> <p>Pemeriksaan jenis material pipa [ABS Rules 4.6.2/3] dan jenis desain sambungan pada pipa (pipe joints) [ABS Rules 4.6.2/5.5] dan pemeriksaan pipes and fittings dan pipe joint limitation untuk fuel oil system components [ABS Rules 4.6.4/Table 3 and Table 4]</p> <p>Pelaksanaan hydrostatic pressure test pada pipa fuel oil systems [ABS Rules 4.2.1/Table 2]</p> <p>Ulangi operasional kerja dari injection pump dan fuel oil system untuk pemeriksaan terjadinya kebocoran pipa atau tidak. Diperlukan replacement apabila ketebalan pipa melebihi toleransi standar minimum atau tetap mengalami kerusakan serta kebocoran</p>

TASK PROCEDURE		
Proc. ID	Failure Mode	Proposed Action(s)
1.14.P	Perbaikan pipa isap pompa cooler M/E	<p>Tindakan uji kekuatan dan kebocoran pipa dengan hydrostatic tes dengan prosedur sebagai berikut: [8000 jam / saat kerusakan (failure) terjadi]</p> <p>Pengklasifikasian dari sistem perpipaan pada cooling systems [ABS Rules 4.6.1.5/Table 1] dan pemeriksaan piping classes and certification requirement sebelum tes dilakukan [ABS Rules 4.6.1/7.1/Table 2]</p> <p>Pemeriksaan jenis material pipa [ABS Rules 4.6.2/3] dan jenis desain sambungan pada pipa (pipe joints) [ABS Rules 4.6.2/5.5] dan Pemeriksaan pipe joints limitation untuk cooling water systems [ABS Rules 4.6.5/7.3.3/Table 3]</p> <p>Pelaksanaan hydrostatic pressure test pada pipa cooling water systems [ABS Rules 4.6.2/7.3.1 and 4.6.2/7.3.3]</p> <p>Ulangi operasional kerja dari cooling system untuk pemeriksaan terjadinya kebocoran pipa atau tidak</p> <p>Diperlukan replacement pada pipa apabila hasil dari perhitungan ketebalan pipa melebihi toleransi standar minimum atau telah mengalami kerusakan serta kebocoran [saat terjadi kerusakan, kebocoran atau korosi mayor pada pipa]</p>

TASK PROCEDURE		
Proc. ID	Failure Mode	Proposed Action(s)
1.15.P	Kerusakan pipa inlet cooler M/E	<p>Tindakan uji kekuatan dan kebocoran pipa dengan hydrostatic tes dengan prosedur sebagai berikut: [8000 jam / saat kerusakan (failure) terjadi]</p> <p>Pengklasifikasian dari sistem perpipaan pada cooling systems [ABS Rules 4.6.1.5/Table 1]</p> <p>Pemeriksaan piping classes and sertification requirement sebelum tes dilakukan [ABS Rules 4.6.1/7.1/Table 2]</p> <p>Pemeriksaan jenis material pipa [ABS Rules 4.6.2/3] dan jenis desain sambungan pada pipa (pipe joints) [ABS Rules 4.6.2/5.5]</p> <p>Pemeriksaan pipe joints limitation untuk cooling water systems [ABS Rules 4.6.5/7.3.3/Table 3]</p> <p>Pelaksanaan hydrostatic pressure test pada pipa cooling water systems [ABS Rules 4.6.2/7.3.1 and 4.6.2/7.3.3]</p> <p>Ulangi operasional kerja dari cooling system untuk pemeriksaan terjadinya kebocoran pipa atau tidak serta letaknya apabila terjadi kebocoran</p> <p>Berdasarkan inspeksi visual pada kondisi pipa dan hasil tes yang dilakukan, diperlukan minor repair apabila kerusakan masih dalam toleransi standar perusahaan</p> <p>Diperlukan replacement pada pipa apabila hasil dari perhitungan ketebalan pipa melebihi toleransi standar minimum atau telah mengalami kerusakan serta kebocoran [saat terjadi kerusakan, kebocoran atau korosi mayor pada pipa]</p>

TASK PROCEDURE		
Proc. ID	Failure Mode	Proposed Action(s)
1.16.P	Kerusakan pipa outlet cooler M/E (keropos)	<p>Tindakan uji kekuatan dan kebocoran pipa dengan hydrostatic tes dengan prosedur sebagai berikut: [8000 jam / saat kerusakan (failure) terjadi]</p> <p>Pengklasifikasian dari sistem perpipaan pada cooling systems [ABS Rules 4.6.1.5/Table 1]</p> <p>Pemeriksaan piping classes and sertification requirement sebelum tes dilakukan [ABS Rules 4.6.1/7.1/Table 2]</p> <p>Pemeriksaan jenis material pipa [ABS Rules 4.6.2/3] dan jenis desain sambungan pada pipa (pipe joints) [ABS Rules 4.6.2/5.5]</p> <p>Pemeriksaan pipe joints limitation untuk cooling water systems [ABS Rules 4.6.5/7.3.3/Table 3]</p> <p>Pelaksanaan hydrostatic pressure test pada pipa cooling water systems [ABS Rules 4.6.2/7.3.1 and 4.6.2/7.3.3]</p> <p>Ulangi operasional kerja dari cooling system untuk pemeriksaan terjadinya kebocoran pipa atau tidak serta letaknya apabila terjadi kebocoran</p> <p>Berdasarkan inspeksi visual pada kondisi pipa dan hasil tes yang dilakukan, diperlukan minor repair apabila kerusakan masih dalam toleransi standar perusahaan</p> <p>Diperlukan replacement pada pipa apabila hasil dari perhitungan ketebalan pipa melebihi toleransi standar minimum atau telah mengalami kerusakan serta kebocoran [saat terjadi kerusakan, kebocoran atau korosi mayor pada pipa]</p>

TASK PROCEDURE		
Proc. ID	Failure Mode	Proposed Action(s)
1.19.P	Kerusakan heat exchanger	<p>Pemeriksaan serta identifikasi spesifikasi meliputi design pressure, temperature dan volume serta definisinya berdasarkan prosedur sebagai berikut: [7000 jam] [ABS Rules 4.4.1/Table 1 dan ABS Rules 4.4.1/1.3]</p> <p>Penentuan codes atau standar yang digunakan [ABS Rules 4.4.1/1.5]</p> <p>Pengklasifikasian dari pressure vessel berdasarkan ketentuan ABS [ABS Rules 4.4.1/Table 2]</p> <p>Identifikasi dari pressure vessels yang tersertifikasi oleh ABS [ABS Rules 4.4.1/Table 3]</p> <p>Identifikasi data yang diperlukan dalam perencanaan dan sertifikasi [ABS Rules 4.4.1/1.13.2]</p> <p>Pemeriksaan material certification and test yang diperlukan heat exchangers [ABS Rules 4.4.1/3.5]</p> <p>Penentuan non destructive examination serta preheat and postweld heat treatment berdasarkan klasifikasi pada ABS Rules 4.4.1/Table 2 [ABS Rules 4.4.11/7.7 dan 7.9]</p> <p>Penentuan apakah diperlukan tindakan hydrostatic test pada pressure vessel [ABS Rules 4.4.1/7.11]</p>

TASK PROCEDURE		
Proc. ID	Failure Mode	Proposed Action(s)
1.21.P	Pipa dan strainer cooling system dari sea chest M/E rusak	<p>Pemeriksaan serta identifikasi spesifikasi pipa dengan prosedur sebagai berikut: [7000 jam / saat annual survey]</p> <p>Pengklasifikasian dari sistem perpipaan pada cooling systems [ABS Rules 4.6.1.5/Table 1]</p> <p>Pemeriksaan piping classes and certification requirement sebelum tes dilakukan [ABS Rules 4.6.1/7.1/Table 2]</p> <p>Pemeriksaan jenis material pipa [ABS Rules 4.6.2/3] dan jenis desain sambungan pada pipa (pipe joints) [ABS Rules 4.6.2/5.5]</p> <p>Pemeriksaan pipe joints limitation untuk cooling water systems [ABS Rules 4.6.5/7.3.3/Table 3]</p> <p>Pemeriksaan peraturan strainer [ABS Rules 4.6.5/7.7.2]</p> <p>Diperlukan replacement apabila pipa mengalami korosi parah yang mengakibatkan ketebalan pipa melebihi toleransi standar minimum atau telah mengalami kerusakan serta kebocoran [saat kerusakan/ kebocoran mayor terjadi]</p> <p>Diperlukan replacement pada strainer apabila lubang penyaring telah melewati spesifikasi awal strainer atau telah mengalami korosi [saat kerusakan/ kebocoran mayor terjadi]</p>

TASK PROCEDURE		
Proc. ID	Failure Mode	Proposed Action(s)
1.22.P	Kerusakan pompa seawater cooler	<p>Identifikasi pompa meliputi fungsi, kinerja dan tes yang perlu dilakukan pada pompa dengan beberapa pertimbangan dan prosedur sebagai berikut: [8000 jam]</p> <p>Identifikasi definisi pompa sebagai salah satu komponen cooling system [ABS Rules 4.6.5/7.3.1]</p> <p>Pemeriksaan pumps requiring certification by surveyor [ABS Rules 4.6.1/7.3.1(ii)]</p> <p>Pemeriksaan required test yang dilakukan untuk pompa yang mengalami kerusakan [ABS Rules 4.6.1/7.3.2]</p> <p>Pemeriksaan peraturan hydrostatic test yang dilakukan pada pompa [ABS Rules 4.6.1/7.3.2(a)]</p> <p>Pemeriksaan peraturan capacity test yang dilakukan pada pompa [ABS Rules 4.6.1/7.3.2(b)]</p> <p>Pemeriksaan peraturan relief valve capacity test yang dilakukan pada pompa [ABS Rules 4.6.1/7.3.2(c)]</p> <p>Ulangi operasional kerja atau functional test pompa serta cooling system untuk pemeriksaan terjadinya kebocoran atau degradasi performa pompa atau tidak</p>

TASK PROCEDURE		
Proc. ID	Failure Mode	Proposed Action(s)
1.23.P	Kerusakan pipa fuel oil transfer pump	<p>Identifikasi karakteristik dan tes yang perlu dilakukan berupa tindakan uji kekuatan dan kebocoran pipa dengan hydrostatic tes dengan prosedur sebagai berikut: [8000 jam / saat kerusakan (failure) terjadi]</p> <p>Pengklasifikasian dari pompa pada fuel oil service system for propulsion diesel engine [ABS Rules 4.6.5/3.3.1(e)] serta pemeriksaan terhadap pumps requiring certification dan required tests [ABS Rules 4.6.1/7.3]</p> <p>Pemeriksaan certification berdasarkan pipe fittings and valves approval program [ABS Rules 4.6.1/7.5.2] dan pemeriksaan piping classes and sertification requirement sebelum tes dilakukan [ABS Rules 4.6.1/7.1/Table 2]</p> <p>Pemeriksaan jenis material pipa [ABS Rules 4.6.2/3] dan jenis desain sambungan pada pipa (pipe joints) [ABS Rules 4.6.2/5.5] dan pemeriksaan pipes and fittings dan pipe joint limitation untuk fuel oil system components [ABS Rules 4.6.4/Table 3 and Table 4]</p> <p>Pelaksanaan hydrostatic pressure test pada pipa fuel oil systems [ABS Rules 4.2.1/Table 2]</p> <p>Ulangi operasional kerja dari transfer pump dan fuel oil system untuk pemeriksaan terjadinya kebocoran pipa serta letaknya apabila terjadi kebocoran</p>

TASK PROCEDURE		
Proc. ID	Failure Mode	Proposed Action(s)
1.24.P	Kerusakan pipa inlet lube oil transfer pump	<p>Identifikasi karakteristik dan tes yang perlu dilakukan berupa tindakan uji kekuatan dan kebocoran pipa dengan hydrostatic tes dengan prosedur sebagai berikut: [8000 jam / saat kerusakan (failure) terjadi]</p> <p>Pengklasifikasian dari sistem perpipaan pada lube oil systems [ABS Rules 4.6.1.5/Table 1]</p> <p>Pemeriksaan piping classes and sertification requirement sebelum tes dilakukan [ABS Rules 4.6.1/7.1/Table 2]</p> <p>Pemeriksaan jenis material pipa [ABS Rules 4.6.2/3] dan jenis desain sambungan pada pipa (pipe joints) [ABS Rules 4.6.2/5.5]</p> <p>Identifikasi definisi pipa pada lube oil systems [ABS Rules 4.6.5/5.1.4]</p> <p>Pemeriksaan system monitoring and safety shutdown untuk lube oil systems [ABS Rules 4.6.5/5.7/Table 2]</p> <p>Pelaksanaan hydrostatic pressure test pada pipa lube oil systems [ABS Rules 4.6.2/7.3.1 and 4.6.2/7.3.3]</p> <p>Ulangi operasional kerja dari lube oil system untuk pemeriksaan terjadinya kebocoran pipa atau tidak</p>

TASK PROCEDURE		
Proc. ID	Failure Mode	Proposed Action(s)
1.26.P	Kerusakan governor M/E	<p>Pemeriksaan karakteristik serta pelaksanaan uji/tes yang perlu dilakukan pada governor dengan prosedur sebagai berikut: [6000 jam]</p> <p>Identifikasi definisi governors sebagai salah satu komponen diesel engine [ABS Rules 4.2.1/7.3.1]</p> <p>Pemeriksaan governor and overspeed protective device [ABS Rules 4.2.1/7.3.1 and 4.2.1/7.3.2]</p> <p>Pemeriksaan peraturan electronic speed governors [ABS Rules 4.2.1/7.3.3(iii)]</p> <p>Pengambilan tindakan prototype environmental testing dengan dihadiri surveyor [ABS Rules 4.9.8/13.1]</p> <p>Pengambilan tindakan testing untuk memperoleh production unit certification dengan dihadiri surveyor [ABS Rules 4.9.8/13.3]</p> <p>Prototype environmental testing dan production unit certification dilakukan berdasarkan standar tabel test for unit certification of control, monitoring and safety equipment [ABS Rules 4.9.8/Table 2]</p>

TASK PROCEDURE		
Proc. ID	Failure Mode	Proposed Action(s)
1.28.P	Kapasitas udara dalam tabung reservoir (botol angin) tidak maksimum (kerusakan pipa menuju reservoir)	<p>Pembersihan pipa dari kotoran, kerak dan korosi yang terjadi sebelum dilakukan tes kondisi pipa guna mengetahui ketebalan dan kemungkinan kebocoran yang terjadi pada pipa dengan prosedur sebagai berikut: [8000 jam]</p> <p>Pengklasifikasian dari sistem perpipaan pada starting air systems [ABS Rules 4.6.1.5/Table 1]</p> <p>Pemeriksaan piping classes and sertification requirement sebelum tes dilakukan [ABS Rules 4.6.1/7.1/Table 2]</p> <p>Pemeriksaan jenis material pipa [ABS Rules 4.6.2/3] dan jenis desain sambungan pada pipa (pipe joints) [ABS Rules 4.6.2/5.5]</p> <p>Pemeriksaan pipe joints limitation untuk starting air systems [ABS Rules 4.6.5/9.7/Table 5]</p> <p>Pelaksanaan hydrostatic pressure test pada pipa transfer dari kompresor [ABS Rules 4.6.2/7.3.1 and 4.6.2/7.3.3]</p> <p>Ulangi operasional kerja dari kompresor menuju reservoir untuk pemeriksaan terjadinya kebocoran pipa atau tidak</p> <p>Diperlukan repair pada bagian pipa yang mengalami kebocoran</p>

TASK PROCEDURE		
Proc. ID	Failure Mode	Proposed Action(s)
1.30.P	Pressure lube oil turun (degradasi performa pompa)	<p>Pemeriksaan pada pompa serta tes yang perlu dilakukan dengan prosedur sebagai berikut: [6000 jam]</p> <p>Identifikasi pumps requiring certification [ABS Rules 4.6.1/7.3.1]</p> <p>Identifikasi required test yang dilakukan pompa dengan disepakati oleh surveyor [ABS Rules 4.6.1/7.3.2]</p> <p>Pengambilan tindakan hydrostatic test dengan tekanan 1,5 kali dari pressure maksimum pompa atau tidak kurang dari 4 bar [ABS Rules 4.6.1/7.3.2(a)]</p> <p>Penentuan kapasitas pompa pada saat tes dilakukan dalam pengawasan surveyor [ABS Rules 4.6.1/7.3.2(b)]</p> <p>Penentuan relief valve capacity test berdasarkan peraturan yang tertera [ABS Rules 4.6.1/7.3.2(c)]</p> <p>Dalam memenuhi sertifikasi yang dipresentasikan pada 4.6.1/7.3.2, manufaktur dapat mengajukan permohonan asesmen desain dari ABS dengan persyaratan dan ketentuan yang ada [ABS Rules 4.6.1/7.5.3]</p>

TASK PROCEDURE		
Proc. ID	Failure Mode	Proposed Action(s)
1.31.P	Pressure lube oil turun (kerusakan pipa inlet lube oil)	<p>Pemeriksaan pipa dalam lube oil systems serta tes yang perlu dilakukan pada pipa guna mengetahui letak kebocoran yang mungkin terjadi serta identifikasi kekuatan pipa berdasarkan prosedur sebagai berikut: [8000 jam]</p> <p>Pengklasifikasian dari sistem perpipaan pada lube oil systems [ABS Rules 4.6.1.5/Table 1]</p> <p>Pemeriksaan piping classes and sertification requirement sebelum tes dilakukan [ABS Rules 4.6.1/7.1/Table 2]</p> <p>Pemeriksaan jenis material pipa [ABS Rules 4.6.2/3] dan jenis desain sambungan pada pipa (pipe joints) [ABS Rules 4.6.2/5.5]</p> <p>Pelaksanaan hydrostatic pressure test pada pipa inlet lube oil [ABS Rules 4.6.2/7.3.1 and 4.6.2/7.3.3]</p> <p>Ulangi operasional kerja dari lubricating oil system untuk pemeriksaan terjadinya kebocoran pipa atau tidak</p> <p>Diperlukan repair pada bagian pipa yang mengalami kebocoran</p>

BIODATA PENULIS

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Tulungagung, Jawa Timur pada tanggal 07 April 1995 dengan nama Apriagung Diantana Putrasetya dan merupakan anak pertama pasangan Riyanto dan Siti Chasanah. Penulis menempuh jenjang pendidikan mulai dari SD Negeri 01 Kedungwaru, Tulungagung (2001-2007), SMP Negeri 02 Tulungagung, Jawa Timur (2008-2010), dan SMA Negeri 01 Gondang, Tulungagung (2011-2013). Setelah lulus dari bangku Sekolah Menengah Atas (SMA), penulis diterima di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh

Nopember melalui jalur penerimaan SBMPTN ujian tulis pada tahun 2013. Selama menempuh masa studi, penulis aktif di berbagai kegiatan dan organisasi di bidang akademik. Diantaranya organisasi BEM FTK (Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknologi Kelautan) dan anggota dari *Marine Operation and Maintenance Laboratory* DTSP ITS. Selain itu dalam menunjang kehidupan di kampus, penulis juga turut serta membantu proyek-proyek dari Ir. Dwi Priyanta M.SE selaku sekretaris jurusan program studi sarjana (S1) *double degree* DTSP ITS, diantaranya yaitu proyek *Equipment Critically Analysys*, *Pipeline Risk Assessment*, dan *Pipeline Monitoring*. Dalam bidang akademis, penulis memiliki minat dalam bidang *safety engineering*, *pipeline engineering*, dan *maintenance*.